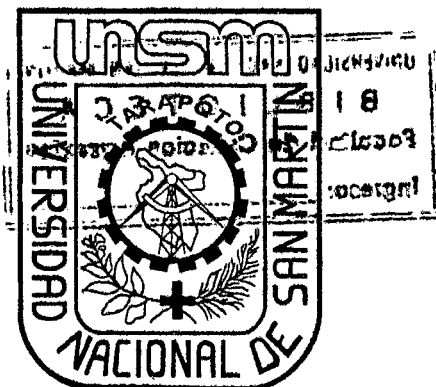


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**"ESTIMACIÓN DE STOCK DE CARBONO EN CUATRO SISTEMAS DE
USO DE TIERRA, (*Theobroma cacao*, *Coffea arabica* L., *Bactris
gasipaes kunth* y Bosque secundario), EN LA REGIÓN SAN MARTÍN"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

GRECIA VANESSA FACHIN RUIZ

TARAPOTO - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“ESTIMACIÓN DE STOCK DE CARBONO EN CUATRO SISTEMAS DE
USO DE TIERRA, (*Theobroma cacao*, *Coffea arabica* L., *Bactris
gasipaes* Kunth y Bosque secundario), EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

GRECIA VANESSA FACHIN RUIZ

TARAPOTO- PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

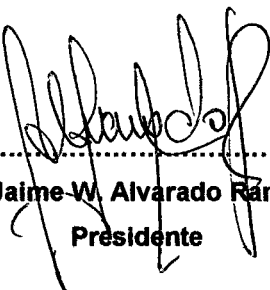
TESIS


**“ESTIMACIÓN DE STOCK DE CARBONO EN CUATRO SISTEMAS DE
USO DE TIERRA, (*Theobroma cacao*, *Coffea arabica* L., *Bactris
gasipaes* Kunth y Bosque secundario), EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”.**


PRESENTADO POR LA BACHILLER:

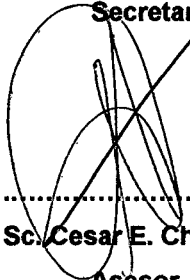
GRECIA VANESSA FACHÍN RUÍZ

CÓMITE DE TESIS


.....
ING. Dr. Jaime W. Alvarado Ramírez
Presidente


.....
ING. Jorge Luis Peláez Rivera
Miembro


.....
ING. M. Sc. Guillermo Vásquez Ramírez
Secretario


.....
ING. M. Sc. Cesar E. Chappa Santa María
Asesor

DEDICATORIA

A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir, y por regalarme una familia maravillosa, además de su infinita bondad y amor.

Con mucho cariño principalmente a mis padres David y Flor de María que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecí como persona. Porque me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por creer en mí, brindándome todo su amor, por hacer de mí una mejor persona a través de sus enseñanzas y amor.

A mis hermanos David y Jorge gracias por su confianza y amor de la cual aprendí aciertos, por estar conmigo y apoyándome siempre, los quiero mucho.

A ti Christian, por tu cariño y amor que me brindas en nuestro caminar, gracias por acompañarme y ser mi apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. M.Sc. César Enrique Chappa Santa María, por el asesoramiento y apoyo brindado en el presente trabajo de investigación.
- Un agradecimiento especial al Ing. Percy Díaz Chuquizuta, Co asesor del presente trabajo de investigación y por ser quien contribuyó en el desarrollo de todas las etapas de la presente tesis.
- A mis hermanos por contagiarme ese deseo de superación y el de ser cada día mejor en mi vida personal y profesional.
- Al Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP), por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación en esta prestigiosa Institución, que día a día viene trabajando en bien de la sociedad.
- A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, mi Alma Mater del que siempre estaré orgullosa.
- A mis profesores y amigos de la Universidad, quienes marcaron mi etapa de una u otra manera en mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pag.
I. INTRODUCCIÓN	1.
II. OBJETIVOS	3.
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Generalidades	
3.1.1. Convención sobre el cambio climático	4
3.1.2. El protocolo de Kioto	5
3.1.3. Emisiones de CO ₂ atmosférico	6
3.2. El ciclo biogeoquímico del carbono	
3.2.1. El efecto Invernadero (GEI)	7
3.2.2. Ciclo global del carbono	9
3.2.3. Captura de carbono	9
3.2.4. Sumideros de carbono	12
3.3. Fotosíntesis: Crecimiento e incremento	
3.3.1. Biomasa	13
3.3.2. Fotosíntesis	13
3.3.3. Crecimiento e incremento	14
3.4. Trabajos efectuados en captura de carbono en diferentes SUT	
3.4.1. Diferentes escenarios de captura de carbono	16
3.4.2. El carbono en ecosistemas forestales tropicales	17
3.4.3. Funciones de los bosques en el ciclo global del carbono	18
3.4.4. El carbono en los sistemas agroforestales	19
3.4.5. Papel de los suelos en el ciclo del carbono	21
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1. Materiales	
4.2. Metodología	
4.2.1. Ubicación de los sistemas de uso de tierra.	24
4.2.2. Características de los sistemas de uso de tierra.	25
4.2.3. Componentes del ciclo del carbono en estudio.	25
a. Para determinación de stock de carbono en biomasa aérea.	26
b. Para determinación de stock de carbono en el suelo.	27

c. Para determinación de stock de carbono en hojarasca	29
4.2.4. Fórmulas utilizadas para el análisis de cada componente.	31
4.2.5. Análisis estadístico.	36
4.2.6. Variables evaluadas.	36
V. RESULTADOS	37
5.1. Estimación de stock de carbono en biomasa (t.ha^{-1}) en sistemas de uso de tierra.	37
5.2. Estimación de stock de carbono en el suelo (t.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.	39
5.3. Estimación de stock de carbono en hojarasca (t.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.	41
5.4. Carbono almacenado en t. ha^{-1} a nivel de estratos (biomasa, hojarasca y suelo) en los sistemas de uso de tierra.	43
5.5. Estimación de stock de carbono total en t.ha^{-1} en los sistemas de uso de tierra estudiados.	43
VI. DISCUSIONES	44
6.1. Estimación de stock de carbono en biomasa (t.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.	44
6.2. Estimación de stock de carbono en suelo (t.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.	46
6.3. Estimación de stock de carbono en hojarasca (t.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.	48
6.4. Carbono almacenado en (t.ha^{-1}), a nivel de estratos (hojarasca, suelo y biomasa viva).	50
VII. CONCLUSIONES	52
VIII. RECOMENDACIONES	53
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	54
RESUMEN	
SUMMARY	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
✓ Figura 01: Demarcación de los transectos para la evaluación.	26
✓ Figura 02: Medición de diámetro y altura de los árboles de los SUT.	27
✓ Figura 03: Calicata para sacar muestras de suelo a 30cm de profundidad.	27
✓ Figura 04: Extracción de muestras de suelo para determinación de stock.	28
✓ Figura 05: Pesado y secado de las muestras de suelo en estufa.	28
✓ Figura 06: Hojarasca en el cuadrante para determinar el stock de carbono.	29
✓ Figura 07: Colecta y secado de hojarasca para determinar el stock de carbono.	30

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

✓ Cuadro N° 1: Ubicación de los sistemas de uso de tierra estudiados.	24
✓ Cuadro N° 2: Condiciones climáticas en los sistemas de uso de tierra.	25
✓ Cuadro N° 3: Análisis de varianza del stock de carbono en biomasa (t. ha ⁻¹) en los SUT.	37
✓ Cuadro N° 4: Análisis de varianza del stock de carbono del suelo (t. ha ⁻¹) por horizonte de muestreo en los SUT.	39
✓ Cuadro N° 5: Análisis de varianza del stock de carbono del hojarasca (t. ha ⁻¹) en los SUT.	41

ANEXOS

✓ Cuadro N° 6: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cafeto.
✓ Cuadro N° 7: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cafeto.
✓ Cuadro N° 8: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cafeto.
✓ Cuadro N° 9: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cacao.
✓ Cuadro N° 10: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cacao.
✓ Cuadro N° 11: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cacao.
✓ Cuadro N° 12: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de palmito.
✓ Cuadro N° 13: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de palmito.
✓ Cuadro N° 14: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de palmito.
✓ Cuadro N° 15: Cálculo de carbono en biomasa del bosque secundario.
✓ Cuadro N° 16: Cálculo de carbono en biomasa del bosque secundario.
✓ Cuadro N° 17: Cálculo de carbono en biomasa del bosque secundario.
✓ Cuadro N° 18: Cálculo de carbono en el suelo en sistema de cafeto.

- ✓ **Cuadro N° 19:** Cálculo de carbono en el suelo en sistema de cacao.
- ✓ **Cuadro N° 20:** Cálculo de carbono en el suelo en sistema de palmito.
- ✓ **Cuadro N° 21:** Cálculo de carbono en el bosque secundario.
- ✓ **Cuadro N° 22:** Cálculo de carbono en hojarasca del sistema de cafeto.
- ✓ **Cuadro N° 23:** Cálculo de carbono en hojarasca del sistema de cacao.
- ✓ **Cuadro N° 24:** Cálculo de carbono en hojarasca del sistema de palmito.
- ✓ **Cuadro N° 25:** Cálculo de carbono en hojarasca del bosque secundario.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

✓ Gráfico 1: Análisis de varianza del stock de carbono en biomasa (t. ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.	37
✓ Gráfico 2: Prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% para el stock de carbono en biomasa según sistema de uso de tierra.	38
✓ Gráfico 3: Análisis del stock de carbono en suelo (t.ha^{-1}) por horizonte de muestreo según transecto de cada sistema de uso de tierra.	39
✓ Gráfico 4: Análisis de prueba de Tukey al 5% para de carbono en suelo (t.ha^{-1}), por horizonte de muestreo según SUT.	40
✓ Gráfico 5: Análisis de prueba de Tukey al 5% para carbono en suelo (t.ha^{-1}) según sistema de uso de tierra.	40
✓ Gráfico 6: Análisis del stock de carbono en hojarasca (t.ha^{-1}) según transecto de cada sistema de uso de tierra.	41
✓ Gráfico 7: Prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% para el stock de carbono en hojarasca (t.ha^{-1}) según sistema de uso de tierra.	42
✓ Gráfico 8: Stock de Carbono en t.ha^{-1} por estrato.	43
✓ Gráfico 9: Stock de carbono total t.ha^{-1} por sistema de uso de tierra.	44

I. INTRODUCCIÓN

El estudio del clima desde una perspectiva histórica indica que éste ha sido y sigue cambiante por su propia naturaleza a lo largo del tiempo pero en una forma moderada. Sin embargo, en la actualidad, existe un cambio climático acelerado de origen antropogénico, causado principalmente por la actividad industrial y agrícola, esta última, producto de la deforestación, quema de los bosques y el mal uso de la tierra que presentan un aumento de las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, responsable de los cambios de temperatura en la superficie de la tierra.

En el Perú y la región San Martín, el cambio de usos de tierras, especialmente por la agricultura tradicional - migratoria, trae consigo el mal uso de los recursos naturales, siendo la deforestación y la quema el gran contribuyente de emisión de anhídrido carbónico (CO₂) y otros gases en la atmósfera, responsable de 20 a 25 % de las emisiones anuales mundiales de CO₂ (Moutinho *et al.*, 2005). El 39,28 % del departamento de San Martín, se encuentra deforestado (1'926,418 Has) al año 2000. La tasa de deforestación al año es de 1,17% con 57,521 has deforestadas al año (IIAP, 2003). Por su parte Loguercio (2005), afirma que el cambio de temperatura ha provocado cambios en los procesos físico-meteorológicos y ambientales, responsables de que ocurran inundaciones y sequías en algunas regiones.

Una realidad que ocurre en nuestro país, y que se puede observar notablemente los meses de verano (especialmente en San Martín), con una disminución total de precipitaciones, de hasta 3,4, 4,8 y 8,4 mm en los meses de Julio, Agosto y

Setiembre respectivamente, cifras que se van acercando a 0 (cero) es por ello que observamos sequias y por ende muerte de cultivos, especialmente el cacao (ICT, 2010).

Sin embargo, con un manejo sostenible de los recursos naturales y sus cultivos, podemos mitigar los efectos del cambio climático y reducir las emisiones, y una forma es capturando y manteniendo mayor tiempo posible en la biomasa vegetal y en el suelo. En el primer caso se logra a través de la fotosíntesis y el segundo a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

En la región San Martín existe escasa información acerca de la importancia de los diferentes sistemas de uso de tierra para el reciclaje de biomasa y carbono. El presente estudio pretende contribuir con la evaluación y estudio de la capacidad de almacenamiento de carbono en cuatro sistemas de uso de tierra en la región San Martín (cacao, cafeto, pijuayo y bosque secundario), en tal sentido aquellos sistemas evaluados con mayor producción de biomasa, y que resultan en stocks más elevados de carbono, tienen el potencial de proveer múltiples beneficios ambientales y socioeconómicos, generando una alternativa de ingresos en las comunidades y en los productores, mejorando su calidad de vida, desempeñando un servicio ambiental por medio de actividades forestales y agroforestales, logrando así las metas del desarrollo sostenible.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

- Evaluar y estudiar la capacidad de almacenamiento de carbono en cuatro sistemas de uso de tierra en la Región San Martín.

2.2 Objetivos específicos.

- Cuantificar el stock de carbono en la biomasa aérea, suelo y hojarasca en cuatro sistemas de uso de tierra (*Theobroma cacao*, *Coffea arabica* L., *Bactris gasipaes* Kunth y Bosque secundario) en la Región San Martín.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Generalidades

3.1.1 Convención sobre el cambio climático

Norse (1996), reporta que en el año 1992 en Río de Janeiro, se suscribió la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Agenda 21 fue el documento que incluyó los compromisos establecidos para garantizar el manejo sustentable de los recursos forestales y otros recursos naturales. Los países participantes adoptaron la creación de tres convenciones: la convención sobre el cambio climático, la convención sobre la biodiversidad y la convención sobre el combate a la desertificación.

IPCC (1995), dan a conocer que dentro de los acuerdos del Tratado de Río de Janeiro sobre el Cambio Climático, se acordó que cada país debe de desarrollar estrategias nacionales para la reducción de las emisiones de CO₂ y que estas estrategias deben estar basadas en el conocimiento preciso del inventario de las emisiones de cada país

Asimismo Brand (1998), manifiesta que en la primera y segunda conferencia de las partes de la convención sobre el cambio climático celebradas en Berlín en 1995 y en Ginebra en 1996 decidieron completar la convención con un Protocolo que estableciera compromisos cuantitativos de reducción de emisiones de gases de efecto de invernadero con plazos definidos, para lo cual decidieron reunirse nuevamente en Kioto, Japón en 1997.

3.1.2 El Protocolo de Kioto

Del 1 al 10 de diciembre de 1997, se celebró en Kioto, Japón, la Tercer Conferencia de las Partes de la Convención sobre el Cambio Climático. Los distintos grupos de países llegaron con muy divergentes propuestas en relación con los compromisos de reducción de emisiones. Tomando como año base 1990, los países de la Unión Europea proponían una reducción de 15% para el año 2010. EE. UU, Japón y otros países industrializados no acordaron realizar tales esfuerzos. Diversas propuestas apuntaban hacia reducciones inferiores al 5%. Los EE.UU, sólo ofrecieron regresar a sus niveles de emisión de 1990 para el periodo 2008-2012.

Alatorre (1997), menciona que para el periodo 2008-2012, la Unión Europea, como grupo, reducirá sus emisiones en 8%; Los EE.UU en 7%, Japón y Canadá en 6%, Rusia, Ucrania y Nueva Zelanda no tendrán ninguna reducción, Australia podrá inclusive aumentar sus niveles. Se decidió no incluir en esta etapa de compromisos adicionales a países del tercer mundo.

El Protocolo de Kioto abarca seis gases con efecto invernadero: el dióxido de carbono (CO_2); el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los hidrofluorocarbonos (HFC_s), los perfluorocarbonos (PFCs) y el hidrofluorocarbono de azufre (SF_6). Para los tres últimos se determinó, el año base de 1995, pues prácticamente no se producían en 1990; se trata de gases que se liberan en pequeñas cantidades, pero que no pueden ser absorbidos por los ecosistemas, ya que no existen sumideros naturales y

poseen un enorme potencial de captación de radiaciones caloríferos y permanecerán en la atmósfera, absorbiendo calor, durante miles de años.

3.1.3 Emisiones de CO₂ atmosférico

Guehl (1997), reporta que desde comienzos de la revolución industrial se ha emitido a la atmósfera aproximadamente 235 GtC a consecuencia de la quema de combustibles fósiles. Houghton y Skole (1990), dan a conocer entre 80 a 150 GtC han sido adicionadas a la atmósfera como resultado de la deforestación. Guehl (1997) da a conocer que actualmente la tasa anual de emisión de CO₂ a la atmósfera es de aproximadamente 5,4 GtC por quema de combustibles fósiles y 2 GtC debidas a la deforestación. La producción de cemento es otra actividad que ha desplazado a la deforestación como fuente emisora de CO₂ con alrededor de 5,7 GtC año⁻¹. SEMMIP (1991) y Tipper, 1996), manifiestan que las emisiones de CO₂ debido al cambio de uso de suelo varían de 49 a 129,3 MtC debidas principalmente de la deforestación

Andrasko (1990), manifiesta que numerosos fenómenos naturales y actividades antropogénicas producen gases con efecto invernadero, los relacionados con ecosistemas forestales incluyen pantanales (CH₄), las termitas (CH₄), incendios forestales (CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO). Esta emisión de gases de invernadero se ha mantenido relativamente constante desde hace miles de años. En cambio las actividades humanas han originado un incremento muy importante en el aporte de gases a la atmósfera; entre las fuentes de emisión se encuentra la quema de combustibles fósiles (CO₂), la

deforestación (CO_2), la combustión de madera y carbón vegetal como fuente de energía (CO_2).

La cantidad de CO_2 liberado a la atmósfera vía el consumo de combustibles fósiles a través de la industria y por el proceso de producción de energía depende de la cantidad de combustible que se consume y en el volumen de carbono real del combustible consumido.

Tipper (1996), manifiesta que la mayor parte de los procesos productivos, el transporte y los sistemas domésticos dependen de la energía derivada de los combustibles fósiles es la emisión de carbono. La emisión global por el uso de dichos combustibles se ha incrementado 3,5 veces desde 1950 y actualmente se ubica en alrededor de $6,2 \text{ GtC año}^{-1}$. Se ha calculado que la temperatura global sería aproximadamente 30°C menor sin la presencia de CO_2 . Pero al contrario, si se incrementa la concentración de CO_2 , se provocará un incremento de la temperatura global y posiblemente cambios o trastornos profundos en los regímenes de climas regionales.

3.2 El ciclo biogeoquímico del carbono

3.2.1 El efecto invernadero

SEMARNAP (1998), da a conocer que la energía solar llega en forma de radiación de onda corta, parte del cual es reflejada por la superficie terrestre y la atmósfera. La mayor parte de la energía solar pasa a través de la atmósfera para calentar la superficie de la Tierra. Ésta se desprende de dicha energía enviándola nuevamente al espacio en forma de radiación infrarroja de onda

larga. El vapor de agua, el bióxido de carbono y los otros gases de efecto invernadero que existen en forma natural en la atmósfera absorben gran parte de la radiación infrarroja ascendente que emite la Tierra impidiendo que la energía pase directamente de la superficie terrestre al espacio. A su vez procesos de acción recíproca como la radiación, las corrientes de aire, la evaporación, la formación de nubes y las lluvias transportan dicha energía a altas esferas de la atmósfera y de ahí se libera hacia el espacio.

Asimismo que al aumentar la capacidad de la atmósfera para absorber la radiación infrarroja, las emisiones de gases de efecto invernadero alteran la forma en que el clima mantiene el equilibrio entre la energía incidente y la irradiada. De no registrarse ningún otro cambio adicional, la duplicación de la concentración de gases de efecto invernadero de larga vida proyectada para comienzos del próximo siglo reduciría en 2% la proporción de la energía en que el planeta emite al espacio. La energía no puede acumularse porque el clima deberá adaptarse de alguna manera para deshacerse de ese excedente. Un 2% puede no parecer mucho, tomando a la Tierra en su conjunto, ello equivale a retener el contenido energético de 3 millones de toneladas de petróleo por minuto.

3.2.2.1 Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y reemiten radiación infrarroja (UNFCCC, 1998). Estos gases son: Dióxido de carbono (CO₂),

metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

3.2.2 Ciclo global del carbono

Schimel *et al.*, (1995), indica que el ciclo global del carbono es reconocido como uno de los principales ciclos biogeoquímicos debido a su papel en la regulación de la concentración en la atmósfera de CO_2 , importante gas de efecto invernadero. Las concentraciones crecientes de CO_2 en la atmósfera son una contribución importante al cambio climático. A su vez Tipper (1996), reporta que los bosques son los almacenes más importantes del mundo y son los responsables por la mayor parte de los flujos de carbono entre la tierra y la atmósfera. Los procesos fundamentales de estos flujos son la fotosíntesis (captura de CO_2 para formar carbohidratos) y la respiración (la oxidación de carbohidratos para liberar CO_2). Durante miles de años estos flujos han sido balanceados.

3.2.3 Captura del carbono

Panhwar (1996), da a conocer que la captura del carbono consiste en el almacenamiento de carbono en suelos, bosques y otros tipos de vegetación. Todas las plantas absorben bióxido de carbono y lo transforman en carbohidratos. Debido a la menor superficie total foliar (índice foliar), los cultivos agrícolas consumen menos bióxido de carbono en comparación con los bosques. Por ello, la corta de bosques para transformarlos en cultivos agrícolas ocasiona la reducción en el almacén del bióxido de carbono; por su parte Ramos de Freitas (1998), manifiesta que en un bosque la fijación de

carbono no se restringe solamente a las partes aéreas de los árboles, se pasa también a las raíces y al propio suelo, que puede almacenar cantidades importantes por periodos de tiempos muy largos. En otras palabras, a medida que se extraiga periódicamente madera del bosque, una cantidad significativa de carbono permanece absorbida en el suelo y en las raíces

Brown *et al.*, (1993), da a conocer que aunque los bosques son importantes consumidores del bióxido de carbono si se comparan con otros sistemas vegetales, también tienen el papel contrario cuando son destruidos por el juego, mal manejo, plagas, cambio de uso del suelo, etc. Los incendios forestales emiten gases de efecto invernadero como el metano (CH_4), el monóxido de carbono (NO), el óxido nitroso (N_2O), bióxido de carbono (CO_2), etc. Por ello, se necesitan inventarios de resultados confiables para calcular las pérdidas y ganancias de bióxido de carbono de los ecosistemas forestales.

Kyrklund (1990), da a conocer que los bosque que tienen crecimiento neto son capaces de capturar CO_2 mientras que los bosque maduros que crecen poco tienen el carbono ya fijado pero son incapaces de almacenar más CO_2 y los bosques que experimentan una pérdida neta de la biomasa por la mortalidad debido a la decadencia de la masa forestal se convierten en emisiones de CO_2 .

Nabuurs y Mohren (1993), reportan que el potencial de captura de carbono de la atmósfera es sensible a la tasa de crecimiento del bosque. Los valores de

captación de carbono en bosque productivos, incluyendo el suelo y la hojarasca, pueden variar desde 0,8 a más de 5 MgC ha año⁻¹.

Tipper (1996), menciona que las plantaciones de árboles en pastizales o terrenos degradados pueden capturar de 120 a 250 tC ha⁻¹. La introducción de árboles maderables entre cultivos anuales y perennes capturan entre 80 tC ha⁻¹; el mejoramiento de bosques semi degradados hacia bosques de alta productividad entre 80 a 200 tC ha⁻¹; la introducción de árboles forrajeros y de sobras en pastizales de 40 a 100 tC ha⁻¹; la conservación y mejoramiento de suelos de 60 a 100 tC ha⁻¹; el establecimiento de cercas vivas de 20 a 60 tC ha⁻¹; la conservación de bosques naturales amenazados por la deforestación entre 150 a 300 tC ha⁻¹.

Mery y Kanninen (1998), estimaron la captura de carbono en plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucaliptus*, la cantidad total de carbono almacenado fue de 64,6 tC ha⁻¹ en *Pinus radiata* y en las plantaciones de eucaliptos de 48,8 tC ha⁻¹, considerando que el contenido de carbono en la molécula de CO₂ es 27,3%, se llegó a la conclusión que la cantidad de carbono atmosférico secuestrado por las plantaciones forestales chilenas fue de 48,6 Tg (Tera gramos o millones de toneladas). Macklaren (1996), por otra parte estimó un almacenamiento total de carbono en la biomasa de plantaciones de *Pinus radiata* de 231 MgC ha⁻¹ en Nueva Zelandia.

Schoroeder *et al.*, (1993), presentaron cinco de las mejores alternativas para almacenar la mayor cantidad de CO₂ por unidad de área: la regeneración

natural en zonas tropicales, en valores medios puede almacenar hasta (195 tC ha⁻¹); la repoblación de zonas templadas puede tener el potencial de almacenar hasta (120 tC ha⁻¹); la agrosilvicultura en zonas tropicales se ha calculado un valor medio de (65 tC ha⁻¹) y la práctica de reforestación de zonas templadas tiene un valor medio de (56 tC ha⁻¹). Las prácticas silvícolas alcanzan valores medios más bajos en latitudes boreales con 10 tC ha⁻¹, seguidas por latitudes templadas 26 tC ha⁻¹ y tropicales 34 tC ha⁻¹.

Nilsson y Schopfhauser (1995), estimaron que a nivel mundial podría disponerse de un total de 345×10^6 ha⁻¹ de terreno para capturar con una tasa máxima de 1,14 Pg año⁻¹ en la biomasa aérea después de 60 años, con un promedio de 3,3 MgC ha⁻¹.

3.2.4 Sumideros de carbono

Brown *et al.*, (1993); Tipper y De Hong (1998), dan a conocer que el término sumidero de carbono se aplica al área donde el rango de captura de carbono por los organismos vivos excede al rango de liberación, acumulándose en formas orgánicas e inorgánicas; a su vez Kyrklund (1990), indica que dado que la velocidad de absorción de CO₂ es directamente proporcional al crecimiento, se deduce que preservar los bosques naturales es una manera poco eficiente de fijar CO₂; en cambio, una ordenación basada en cosechar sustentablemente permite fijar el máximo posible de CO₂.

3.3 Fotosíntesis: Crecimiento e Incremento

3.3.1. Biomasa

Raev *et al.*, (1996); Leith y Whitacker (1975), definen la biomasa como el conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien producidos en la cadena biológica, pudiéndose así distinguir dos grandes tipos: biomasa vegetal y biomasa animal. La utilización por el hombre y por los animales de sólo una parte de la biomasa a su disposición genera una biomasa residual, mientras que lo que hoy día se conocen como biocombustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo), no es otra cosa que biomasa fósil. Aproximadamente el 90% de la biomasa acumulada en la Tierra se encuentra en los bosques en forma de fustes, ramas, hojas, raíces y materia orgánica. Se estima que la producción neta anual de biomasa a nivel mundial oscila entre 50 a 75 X 10⁹ t.

Se calcula que por lo menos el 40% del carbono de la biomasa del árbol completo se encuentra en las hojas y en las ramas que se queman o se descomponen rápidamente después de la corta del árbol. Del 60% del carbono restante, las operaciones de transformación dejan menos de la mitad del volumen total en el producto final; esto significa que aproximadamente el 75% del carbono que había almacenado en el árbol regresa a la atmósfera (Schroeder *et al.*, 1993).

3.3.2. Fotosíntesis

Steinlin (1984), menciona que en la fotosíntesis, los compuestos orgánicos son producidos a partir del agua y el CO₂ con la ayuda de la energía solar,

esta reacción produce celulosa, lignina, azúcares, grasas, almidones, proteínas, resinas, fenoles y muchas otras sustancias, lo que convierte a este proceso como una de las principales síntesis químicas de nuestro planeta.

Stanm (1964), reporta que como el proceso de la fotosíntesis utiliza la energía solar, la formación de una tonelada de madera equivale a la absorción aproximadamente de 4.3 millones de kilocalorías que, de otra forma, resultarían en calentamiento de la atmósfera; asimismo Bidwell, (1979) manifiesta que no todas las plantas absorben CO_2 a la misma velocidad, notándose la diferencia entre dos clases principales de plantas: la C3 y la C4, llamada así por la forma diferente en que absorben el CO_2 en el proceso fotosintético en la fase oscura. También Llerena (1991), da a conocer que en la primera etapa de la absorción las plantas C3, elaboran una molécula con tres carbonos; mientras que las C4 con un mecanismo de asimilación de carbono más eficaz elaboran una molécula de cuatro átomos. Como las C3 son menos eficientes en cuanto a la asimilación de carbono dependen de la simple difusión del CO_2 por sus tejidos, por lo que las concentraciones altas de este gas contribuyen a esta difusión, siendo menos importantes para las plantas C4. El resultado es que las plantas C3 se benefician más que las C4 de las concentraciones más altas.

3.3.3. Crecimiento e incremento

Giménez y Moglia (1992), dan a conocer que el árbol forma durante el periodo de actividad vegetativa capas de tejido a partir de los meristemos

secundarios. En el xilema o leño, ese tejido se acumula y forma los anillos o capas de crecimiento. Si la producción de estos anillos es anual se denomina anillos anuales. Cuando esto sucede el conteo de anillos permite la determinación de la edad del árbol lo cual es frecuente en zonas templadas con estaciones bien diferenciadas, pues la actividad cambial responde a la periodicidad estacional. Los factores que limitan la actividad cambial son la temperatura y la humedad. Asimismo Fahn (1963), da a conocer que este problema se agudiza en zonas tropicales y sub tropicales donde la visibilidad de los anillos no es muy buena y se desconoce su tasa de crecimiento. Se sabe que en zonas áridas o semi áridas la actividad cambial está influida por el inicio de las lluvias y cesa cuando comienza la estación de secas.

Arce *et al.*, (1998), manifiesta que el crecimiento de los bosques puede ser entendido como un proceso continuo, que incluye una entrada, un movimiento y una salida de materia. Bahamondez *et al.*, (1998); Vanclay (1995); Clutter *et al.*, (1983), indica que la entrada es el ingreso, el movimiento, el crecimiento y la salida de la mortalidad. El proceso de crecimiento está afectado por diversos factores, los cuales son de orden ambiental como el clima y el hábitat o de orden genético asociado a características propias del individuo y su origen. La mayoría de los estudios de crecimiento basan las explicaciones del fenómeno en las características del sitio que involucran al conjunto de factores ambientales.

3.4 Trabajos efectuados en captura de carbono en diferentes sistemas de uso de tierra.

3.4.1. Diferentes escenarios de captura de carbono

Bolin *et al.*, (1996), la vegetación terrestre a través de sus procesos fisiológicos tales como la fotosíntesis, y los océanos se consideran que conservan grandes cantidades de carbono. FONAM (2006), menciona que los bosques, tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen un potencial de almacenamiento de carbono. La CMNUCC durante la Cumbre para el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992, considera a las actividades forestales como actividades a tomar en cuenta para el control, la reducción y/o la prevención de emisiones antropogénicas de GEI (Salgado, 2004).

Márquez (2000), afirma que los ecosistemas terrestres juegan un papel importante en el ciclo global del carbono, en tanto el manejo forestal puede hacer una contribución sustancial a controlar los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Otras actividades de uso de la tierra y bosques que pueden contribuir con: la conservación de bosques en peligro de deforestación, rehabilitación de bosques, forestación, reforestación o promoción de la agroforestería. En el sector de uso de la tierra y bosques se han identificado dos estrategias principales para acumular el carbono: La primera es aumentar la fijación de carbono al crear o mejorar los sumideros. La segunda es prevenir o reducir la tasa de liberación del carbono ya fijado en sumideros existentes. Además, el IPPC (2001) estima que a nivel mundial, la retención de carbono derivada de la forestación, la regeneración forestal, el

incremento de las plantaciones y el desarrollo de la agrosilvicultura entre 1995 y 2050 serán entre el 12 y el 15% de las emisiones de carbono originadas por los combustibles fósiles en el mismo periodo.

3.4.2. El carbono en ecosistemas forestales tropicales

Arévalo *et al.*, (2003), afirman que secuestro de carbono es el proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación; estas intervenciones pueden ser programas de manejo de suelos con reforestación, agroforestería o conservación de suelos. Las cantidades fijadas de carbono se expresan en (t.C.ha⁻¹/año).

La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinado por las condiciones del suelo y clima (Arévalo *et al.*, 2003). Ordóñez (1998), citado por Márquez (2005), menciona que el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es reemitido (ya sea al suelo o a la atmósfera), se considera que se encuentra almacenado. Loguercio (2005) y Delaney (2005) afirman que la vegetación, en particular los bosques, almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico). Además, Márquez (2000), menciona que los ecosistemas forestales almacenan carbono en cuatro fuentes: biomasa arriba del suelo, biomasa abajo del suelo, hojarasca, otra materia vegetal muerta y en el suelo.

Extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros como los océanos, los bosques o la tierra; a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis (Milenio, 2006). Un sumidero de carbono, es aquel que elimina el carbono de la atmósfera, tal como sucede con las plantas verdes que consumen CO₂ durante el proceso de fotosíntesis (Martino, 2006). Asimismo, Bolin *et al.*, (1986), definen a los sumideros de carbono, como aquellos que eliminan de la atmósfera tanto carbono como el que aportan en forma natural.

3.4.3. Función de los bosques en el ciclo global del carbono

A través de la fotosíntesis, los árboles en crecimiento despiden oxígeno y consumen agua, luz y CO₂. Por ello, los bosques en expansión son calificados de “sumideros de carbono”: absorben gas carbónico. Cuando dejan de crecer, los árboles ya no son sumideros, sino receptáculos de carbono: almacenan enormes cantidades de este elemento, en la superficie y en los suelos, pero cumplen un papel neutro en el balance final de CO₂. Por último, cuando se queman, los bosques despiden gas carbónico y se convierten así en fuentes de carbono. El gas carbónico que se desprende cuando los árboles viejos se descomponen se compensa con el que absorben los jóvenes que crecen en su lugar (Boukhari, 2000).

El IPCC (2001), afirma que los bosques resulta un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, que podrían reducir de 20 a 50% de las emisiones netas de CO₂ en la atmósfera. Loguercio (2005) menciona que a

través del manejo silvicultural de los bosques nativos existentes, y por la creación de nuevos bosques mediante forestaciones y reforestaciones en áreas donde no existen árboles, se contribuiría a almacenar grandes cantidades de carbono en la biomasa y el suelo, utilizando con ello su potencial para mitigar los cambios del clima.

Catriona (1998), indica que en los trópicos el carbono en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 t.C ha⁻¹ en bosques primarios, y entre 25 y 190 t.C ha⁻¹ en bosques secundarios. El IPPC (2001) menciona que los distintos tipos de vegetación natural y plantaciones forestales pueden capturar entre 4,79 y 1,65 t.C ha⁻¹.año⁻¹. Los bosques naturales pueden ser considerados en equilibrio dinámico en relación al carbono bajo ciertas condiciones climáticas y para ciertas concentraciones atmosféricas de CO₂ (FAO, 2005). De acuerdo a Woomer *et al.*, (1998), la Amazonía, es el ecosistema que contiene la mayor cantidad de carbono (305 t.C ha⁻¹, de las cuales el 28 % se encuentra en el suelo). Todos los cambios en el manejo de tales ecosistemas inducen cambios importantes en la dinámica del carbono, dando lugar a menores existencias de carbono que en el bosque original.

3.4.4. El carbono en los sistemas agroforestales

Sánchez *et al.*, (1999), manifiestan que la tasa de absorción de carbono en los sistemas agroforestales, puede ser muy alta ya que la captura de carbono se efectúa tanto por los árboles como por los cultivos: de 2 a 9 t.C ha⁻¹, dependiendo de la duración (15 a 40 años). Schroeder (1994), menciona que en las áreas tropicales, se puede obtener un almacenamiento de 21 a 50 t.C

ha⁻¹ en zonas subhúmedas y húmedas respectivamente. Las raíces por si solas podrían incrementar esos valores en 10 %. Márquez (1997), citado por Márquez (2005), menciona que el carbono almacenado en sistemas de café con sombra en el Salvador es aproximadamente de 64,35 t.C ha⁻¹. Por otro lado, Kanninen (2000), describe que el almacenamiento de carbono en la agroforestería en un estado inicial es de 8,9 t.C ha⁻¹, y a los 9 años de 24,1 t.C ha⁻¹.

En cuanto a la cantidad de hojarasca en los sistemas agroforestales, Lapeyre, *et al.*, (2004), menciona que en estos sistemas se desarrollan especies diferentes, y tienen edades distintas, es necesario indicar que el nivel de hojarasca en el sistema de café es de 3,98 t. ha⁻¹ y en el sistema de cacao es de 5,07 tm, y estos niveles fueron mayores a los sistemas de bosque secundario.

La conversión de tierras de cultivos improductivas (con bajos niveles de materia orgánica y nutrientes) en sistemas agroforestales podrían triplicar las existencias de carbono, de 23 a 70 t.C ha⁻¹ en un período de 25 años. Por otro lado, la incorporación de cultivos con cobertura viva resultan ser efectivos; donde el valor de captura de carbono, depende de la cantidad de cobertura (1 a 6 t.C ha⁻¹) y del tipo de la misma, en este caso, hay materia orgánica tanto por encima como por debajo del suelo, ya que además se agrega la proporcionada por las raíces (LAL, 1999). Bajo las condiciones de la labranza convencional, la pérdida de carbono será considerable (40 a 50 % en unas pocas docenas de años) con un alto nivel de liberación del mismo durante los

primeros cinco años (FAO, 2002). Si se establecen pasturas, las pérdidas son mucho menores y es probable que en pocos años haya una cierta recuperación de carbono gracias a la materia orgánica de los pastos (De Moraes, *et al.*, 1996). Sin embargo, en los sistemas agrícolas o ganaderos, los sumideros de carbono en el suelo son considerablemente pequeños, mientras que en sistemas agroforestales aumenta. Los sumideros superficiales de carbono en sistemas agroforestales son similares a aquellos encontrados en bosques secundarios (Brown y Lugo, 1992). Los sistemas agroforestales, ofrecen muchas ventajas, especialmente para los pequeños agricultores (FAO, 2002). Puesto que, representan una alternativa sostenible a la deforestación y a la agricultura de roza, tumba y quema (Sánchez *et al.*, 1999 y Schroeder, 1994).

3.4.5. Papel de los suelos en el ciclo del carbono

El suelo almacena cantidades considerables de carbono; las prácticas que promueven un aumento del carbono orgánico en el suelo también pueden tener un efecto positivo de fijación de carbono (Stuar y Moura Costa, 2002; citado por Márquez, 2000). Catriona (1998), manifiesta que en los bosques tropicales, los sumideros de carbono en el suelo varían entre 60 y 115 tC ha⁻¹. El IPCC (2000), indica que el carbono del suelo por si solo representa más que el carbono de la biomasa forestal. Tales proporciones de carbono en el suelo dependen de la zona climática; con el máximo de carbono del suelo en las áreas frías boreales y templadas, y mínimo en las áreas tropicales (IPCC, 2000; Márquez, 2000 y FONAM, 2005); la causa principal de esta diferencia

es la influencia de la temperatura en los índices relativos de producción y descomposición de la materia orgánica (FAO, 2002).

Los bosques cubren el 29 % de la tierra y contienen el 60 % del carbono de la vegetación terrestre. El carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36 % del total a un metro de profundidad. Dupouey *et al.*, (1999), menciona que en bosques de Francia, la media total del carbono del ecosistema es de 137 t.C ha^{-1} ; de este total, el suelo representa el 51 % (71 t.C ha^{-1}), los restos vegetales superficiales 6% y las raíces 6 %. Estos datos son muy cercanos a los proporcionados por el IPCC (2000) para los bosques en Tennessee (Estados Unidos de América); mientras que en bosques tropicales cerca de Manaus (Brasil), se determinó que el total de carbono es 447 t.C ha^{-1} , donde el depósito de carbono en el suelo orgánico es de 162 t.C ha^{-1} (36 % del total).

En los bosques naturales el carbono del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación o la reforestación, ese equilibrio es afectado. Actualmente, se estima que cada año son deforestadas entre 15 y 17 millones de ha, sobre todo en los trópicos y que muy a menudo parte del carbono orgánico se pierde dando lugar a una considerable emisión de CO_2 . Por lo tanto, donde la deforestación no puede ser detenida, es necesario un manejo correcto para minimizar las pérdidas de carbono (FAO, 2004). La reforestación, sobre todo en los suelos degradados con bajo contenido de materia orgánica, será una forma importante de secuestro de carbono a largo plazo, tanto en la biomasa como en el suelo (FAO, 2005).

El carbono del suelo en pasturas es estimado en 70 t.C ha^{-1} , cifra similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales; por lo que muchas áreas de tierras de pastoreo en las zonas tropicales y áridas, ofrecen variadas posibilidades de secuestro de carbono (Trumbmore *et al.*, 1995 y Balesdent *et al.*, 1999). Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos que contienen cerca del 40 % del total del carbono, son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques (FAO, 2002).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.2 Metodología

4.2.1 Ubicación de los sistemas de uso de tierra

El presente trabajo de investigación se realizó en cuatro (04) distritos de la Región de San Martín, siendo los distritos de Chirapa y Pongo de Caynarachi en la provincia de Lamas, Campanilla en la provincia de Mariscal Cáceres y Pucacaca en la provincia de Picota. Los sistemas de uso de tierra investigados se componen de cacao, cafeto, pijuayo y bosque secundario (área de conservación Ojos de Agua). En el cuadro 1, se muestra la ubicación de los sistemas de uso de tierra estudiados.

Cuadro 1: Ubicación de los sistema de uso de tierra estudiados.

Provincias	Distritos	Parcela	Este	Norte	Altitud m.s.n.m	Edad años
Lamas	Chirapa	Cafeto	332094	9094609	928	7
	Pongo de Caynarachi	Pijuayo	359028	9309978	272	3
Mariscal Cáceres	Campanilla	Cacao	320207	9168908	448	7
Picota	Pucacaca	Bosque secundario (Ojos de agua)	338906	9243512	521	30

Fuente: Elaboración propia (2014)

4.2.2 Características de los sistemas de uso de tierra.

En el cuadro 2, se muestra las características climáticas de los sistemas de uso de suelos estudiados teniendo como referencia la hora y fecha de muestreo.

Cuadro 2: Condiciones climáticas en los sistemas de uso de tierra

Distritos	Parcela	T° (C°)	Precipitación (mm)*	Precipitación (mm/mes)	Fecha de muestreo
Chirapa	Cafeto	22,4	0	9,4	16/08/2012
Pongo de Caynarachi	Pijuayo	26,8	7,6	29,5	05/08/2012
Campanilla	Cacao	28,7	0	43,1	29/08/2012
Pucacaca	Bosque secundario	27,5	0	67,6	21/08/2012

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2012).

*: Precipitación en la fecha de muestreo.

4.2.3 Componentes del ciclo del carbono en estudio

En los cuatro sistemas de uso de tierra se determinaron tres transectos que se ubicaron al azar, con dimensiones de 4 m x 25 m, se determinó el stock de carbono en cada uno de los transectos y se realizaron las mediciones a nivel de suelo, hojarasca y biomasa aérea. La metodología que se utilizó fue desarrollada por el ICRAF siendo los procedimientos del manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de tierra (Arévalo *et al.*, 2003)

a. Para determinación de stock de carbono en biomasa aérea.

- ❖ Se midió el DAP (cm) y altura total (m). de los arboles encontrados dentro de los transectos, datos necesarios para la aplicación de las formulas alométricas establecidas para cada sistema.

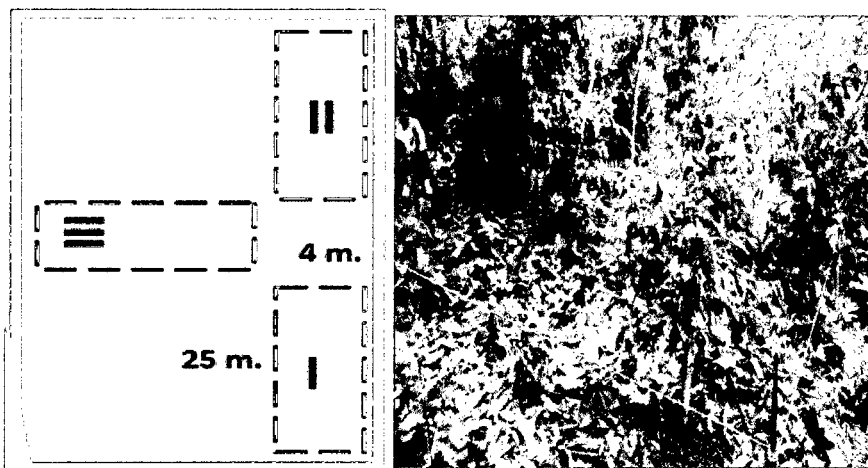


Figura 1: Demarcación de los transectos para la evaluación.

- ❖ Para el caso del cacao, cafeto y pijuayo se tomó el diámetro a 30 cm desde el suelo (Andrade, 2003) y en caso del bosque secundario (Ojos de agua) se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1,30 m., dentro de los transectos. Se hizo el inventario de todos los arboles con 2,5 hasta 30 cm. de DAP, en la evaluación del bosque secundario (Ojos de agua) se encontraron árboles que superaron los diámetros de 30 cm, es por ello que se extrapolo una parcela de 5 m x 100 m, superpuesta al transecto de 4 m x 25 m.



Figura 2: Medición de diámetro y altura de los árboles de los SUT.

b. Para determinación de stock de carbono en el suelo.

- ❖ En cada transecto de los cuatro sistemas, se realizó una calicata de 30 cm de profundidad del suelo con ayuda de una palana, dividiendo en tres horizontes (0-10, 10-20, 20-30 cm.).

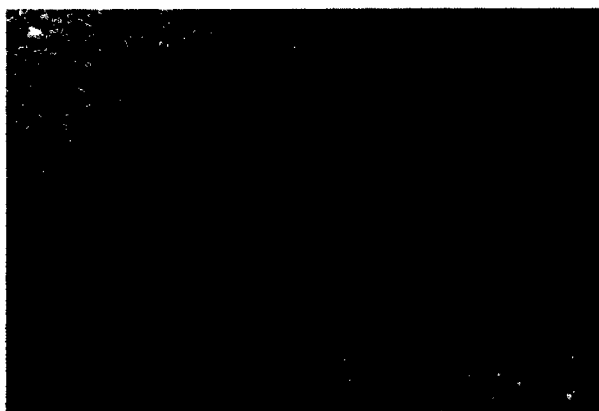


Figura 3: Calicata para sacar muestras de suelo a 30 cm de profundidad

- ❖ En cada calicata se procedió a sacar la muestra utilizando cilindros de metal de 10 cm de largo x 5 cm de diámetro, estos eran introducidos en cada horizonte y retirados cuidadosamente, sin presionar para evitar alterar la densidad del suelo.



Figura 4: Extracción de muestras de suelo para determinación de stock

- ❖ Las muestras de suelo colectadas de cada horizonte fueron puestas en bolsas debidamente etiquetadas para su pesado y posteriormente ser llevados al laboratorio para ser secadas en una estufa a 105°C , por 3 días hasta obtener un peso constante, logrando determinar el peso del volumen de suelo por horizonte en muestreo.

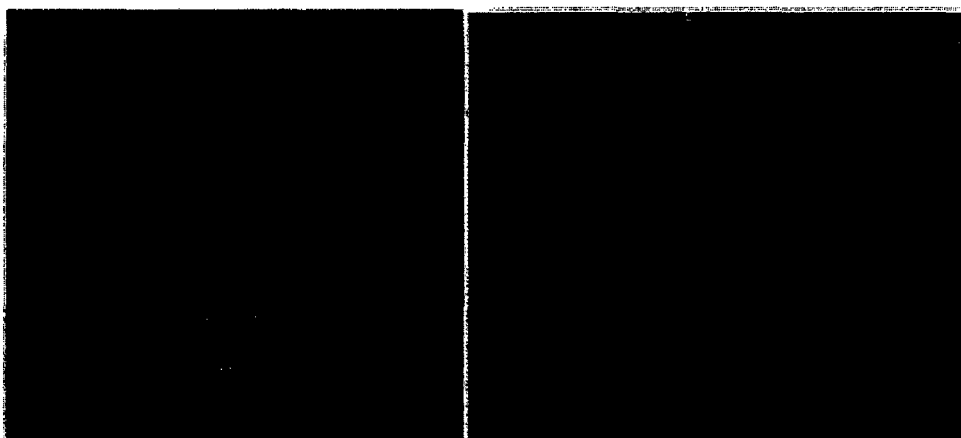


Figura 5: Pesado y Secado de las muestras de suelo en estufa

- ❖ En tanto para determinar el porcentaje de carbono presente en el suelo de cada horizonte, se realizó un análisis de carbono del suelo en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La profundidad recomendada, es la que se realizó en el presente estudio ya que probablemente ocurrirían variaciones en el depósito de carbono del suelo.
- c. Para determinación de stock de carbono en hojarasca.**
- ❖ Se usó cuadrantes de madera con un área de $0,25 \text{ m}^2$ ($50 \times 50 \text{ cm.}$), que se procedió a lanzar aleatoriamente el cuadrante dentro de cada transecto de los SUT, enseguida se colectó en bolsas plásticas el total de muestra localizado dentro del cuadrante, siendo rotuladas y llevadas enseguida al laboratorio para su pesado.

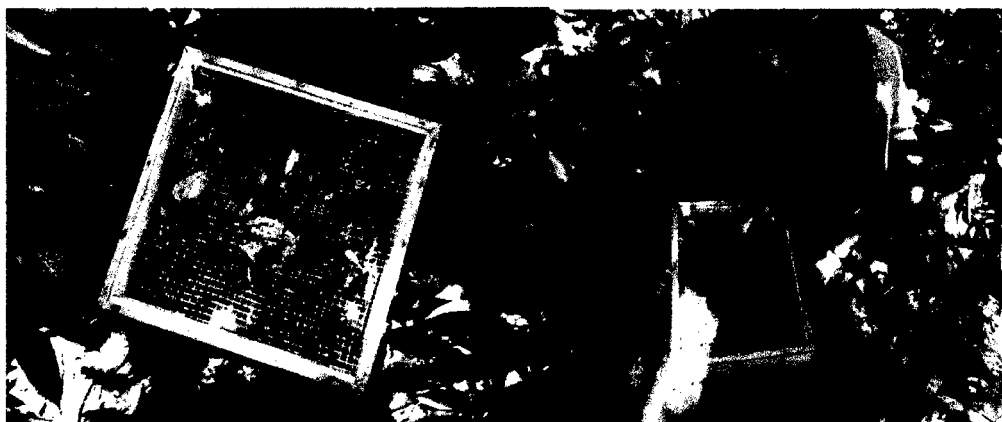


Figura 6: Hojarasca en el cuadrante para determinar el stock de carbono.

- ❖ Del total de la muestra fresca colectada se extrajo una sub muestra de 200 g, para ser secado en la estufa a 60°C , por el lapso de 3 días hasta obtener un peso constante. Logrando así determinar la

cantidad de carbono en relación a la materia húmeda y seca. En cada transecto de los cuatro sistemas de uso de tierras evaluadas se colecto una muestra de hojarasca.



Figura 7: Colecta y secado de hojarasca para determinar el stock de carbono.

4.2.4 Fórmulas utilizadas para el análisis de cada componente

➤ **Para determinar carbono en árboles en pie.**

❖ **Biomasa arbórea viva (kg/árbol)**

Se calculó la biomasa de cada uno de los arboles vivos mediante ecuación alométrica según sistema.

▪ **Pijuayo**

$$BA = 0,97 + 0,078 \times AB - 0,00094 \times AB^2 + 0,0000065 \times AB^3$$

Donde,

BA = Biomasa de árboles vivos

AB = Área basal

2,53 = Constante exponencial

▪ **Bosque secundario:**

$$BA = 0,1184 \text{ DAP}^{2,53}$$

Donde,

BA = Biomasa de árboles vivos

0,1184 = Constante

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (cm)

2,53 = Constante exponencial

▪ **Sistema de uso de Cacao:**

$$BA = 0,4849 \cdot DAP^{1,42}$$

Donde,

BA = Biomasa de árboles vivos

0,4849 = Constante

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (cm)

1,42 = Constante exponencial

▪ **Sistema de uso de cafeto:**

$$BA = 10^{(-1,11 + (1,58 \times \log_{10}(DAP)) + (0,58 \times \log_{10}(h)))}$$

Donde,

BA = Biomasa de árboles vivos

10 = Constante

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (cm)

h = Altura

❖ **Biomasa arbórea viva ($t \cdot ha^{-1}$)**

Para calcular la cantidad de biomasa por hectárea, se sumó la biomasa de todos los árboles medidos y registrados (BTAV) en los transectos de 4m x 25m, es decir:

$$BAVT (t \cdot ha^{-1}) = BTAV * 0,1$$

Donde,

BAVT = Biomasa árboles vivos en t/ha

BTAV = Biomasa total en los transectos de 4m X 25m

0,1 = factor de conversión cuando el transecto es de 4m x 25m

➤ **Para determinar contenido de carbono en hojarasca.**

❖ **Cálculos de la biomasa de hojarasca ($t \cdot ha^{-1}$)**

Para estimar la biomasa en $t \cdot ha^{-1}$, se utilizó la siguiente ecuación:

$$Bh (t \cdot ha^{-1}) = ((PSM/PFM) * PFT) * 40$$

Donde,

Bh = Biomasa de la hojarasca, materia seca

PSM = Peso seco de la muestra colectada (g.)

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (g)

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (Kg.)

40 = Factor de conversión

❖ **Calculo de la Biomasa Vegetal Total (t.ha⁻¹)**

$$\text{BVT (t.ha}^{-1}\text{)} = (\text{BAVT} + \text{Bh})$$

Dónde:

BVT = Biomasa vegetal total

BAVT = Biomasa total árboles vivos

Bh = Biomasa de la hojarasca

➤ **Para determinar el contenido de carbono en el suelo.**

Cálculo del peso del volumen del Suelo (t.ha⁻¹)

Para calcular el peso del volumen del suelo por hectárea, se evaluó primero la densidad aparente del suelo por cada uno de los horizontes evaluados.

❖ **Cálculo de la densidad aparente (g/cc)**

$$\text{DA (g/cc)} = \text{PSN} / \text{VCH}$$

Donde,

DA (g/cc) = Densidad Aparente

PSN = Peso seco del suelo dentro del cilindro

VCH = Volumen del cilindro (constante).

❖ **Cálculo del peso del volumen de suelo por horizonte en muestreo.**

$$PVs (t.ha^{-1}) = DA * Ps * 10000$$

Donde,

PVs ($t.ha^{-1}$) = Peso del volumen del suelo

DA = Densidad Aparente

Ps = Espesor o profundidad del horizonte del suelo

10000 = Constante

❖ **Cálculo del carbono en el suelo ($t.ha^{-1}$)**

$$CS (t.ha^{-1}) = (PVs * \%C)/100$$

Donde,

CS ($t.ha^{-1}$) = Carbono en el suelo, en $t.ha^{-1}$

PVs = peso del volumen de suelo

%C = Resultados porcentaje de C analizados en el laboratorio.

100 = Factor de conversión

❖ **Cálculo del Carbono Total**

$$CT (t.ha^{-1}) = CBV + CS$$

Donde,

CT ($t.ha^{-1}$) = Carbono Total

CBV = Carbono en la biomasa vegetal total

CS = Carbono en el suelo

4.2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando diseños experimentales según cada estrato de estudio (biomasa, suelo y hojarasca) para cada sistema de uso de tierra, estos fueron procesados mediante programa SAS Versión 9 y para la comparación de medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0,05.

4.2.6 Variables evaluadas

- a. Estimación del stock de carbono en hojarasca (t.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.
- b. Estimación del stock de carbono en suelo (t.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.
- c. Estimación del stock de carbono en biomasa (t.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.

V. RESULTADOS

5.1 Estimación de stock de carbono en biomasa ($t \cdot ha^{-1}$) en los sistemas de uso de tierra.

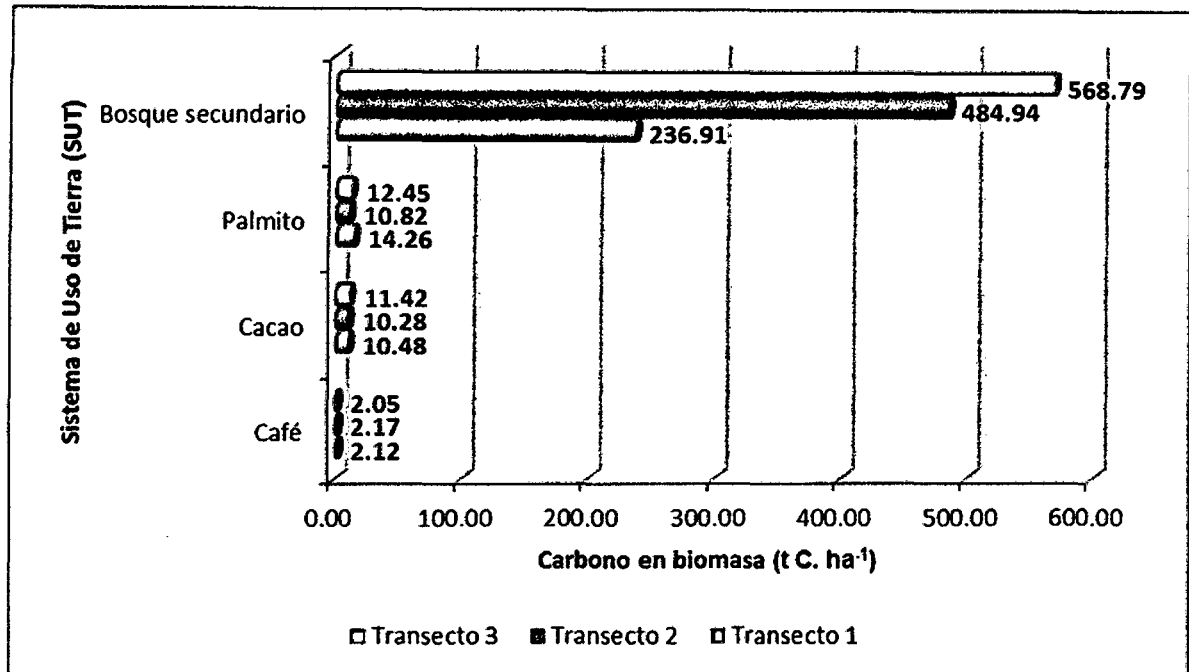


Gráfico 1: Análisis del stock de carbono en biomasa ($t \cdot ha^{-1}$) según transecto de cada sistema de uso de tierra.

Cuadro 3: Análisis de varianza del stock de carbono en biomasa ($t \cdot ha^{-1}$) en los sistemas de uso de tierra.

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F	Significancia
Biomasa	3	400425,16	133475,053	17,925	0,0007	**
Error	8	59571,34	7446,418			
Total	11	459996,5				
R²: 87,05% C.V: 75,76% Media: 113,9 t C ha⁻¹						

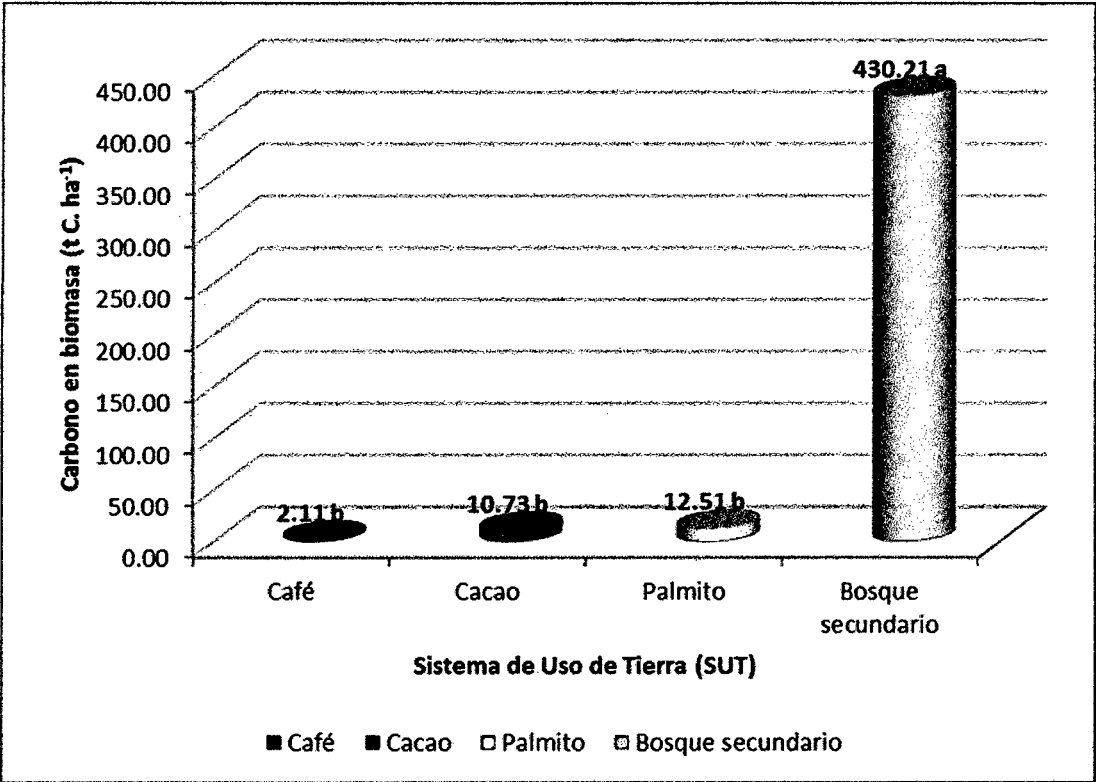


Gráfico 2: Prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% para el stock de carbono en biomasa según sistema de uso de tierra.

5.2 Estimación del stock de carbono en suelo (t.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.

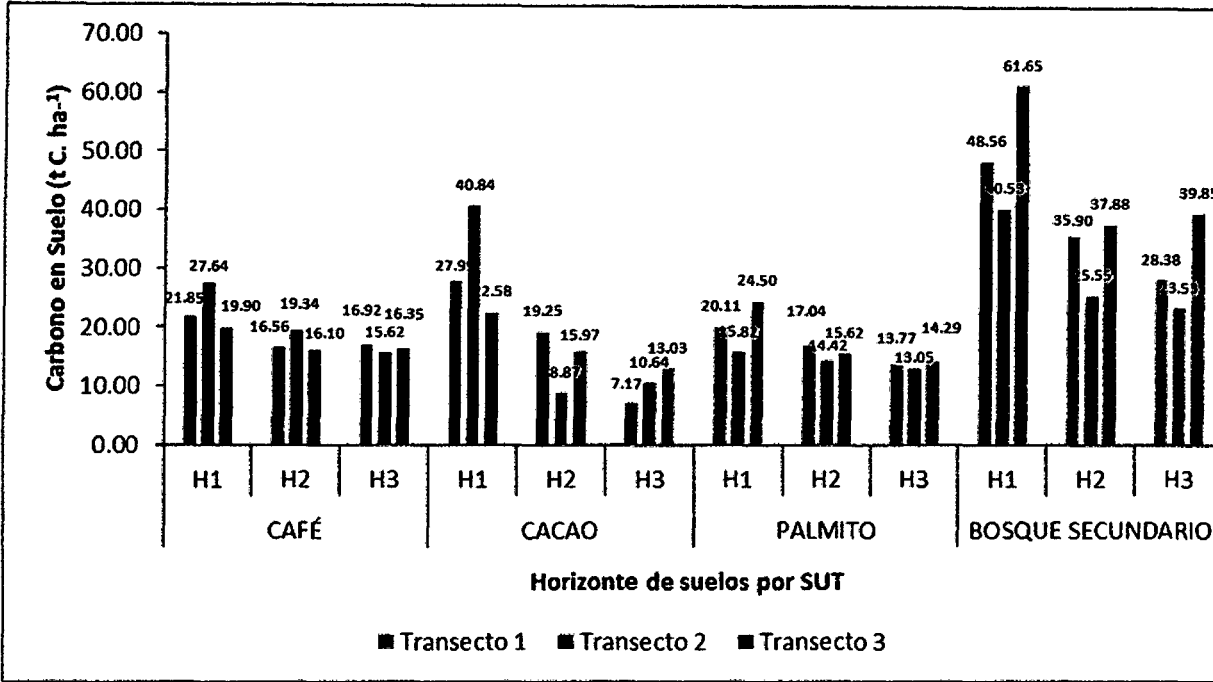


Gráfico 3: Análisis del stock de carbono en suelo (t.ha^{-1}) por horizonte de muestreo según transecto de cada sistema de uso de tierra.

Cuadro 4: Análisis de Varianza del stock de carbono en suelo (t.ha^{-1}) por horizonte de muestreo en los sistemas de uso de tierra en estudio.

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr> F	Significancia
Transectos	2	304,5496	152,275	6,953	0,0046	**
SUT	3	2732,0812	910,694	41,583	<.0001	**
HS	2	1195,9802	597,990	27,305	<.0001	**
SUT vs HS	6	313,1156	52,186	2,383	0,0632	ns
Error	22	481,8137	21,901			
Total	35	5027,5403				
R²: 90,41% C.V: 20,37% Media: 22,97 t C ha⁻¹						

Fuente: Elaboración propia (2014)

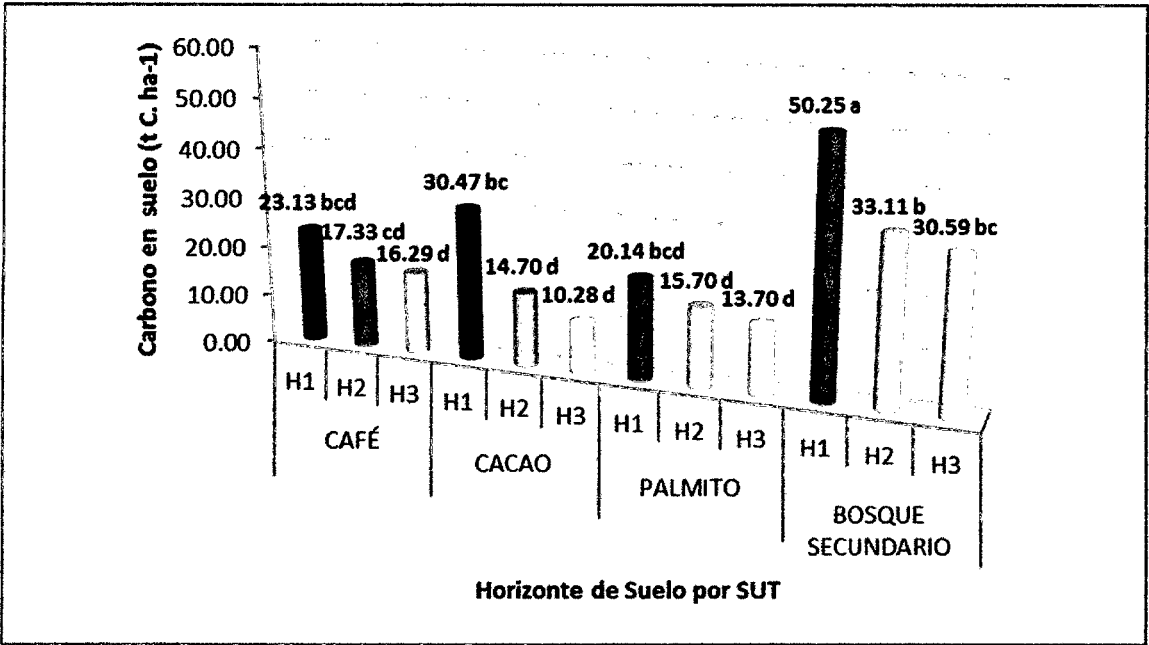


Gráfico 4: Análisis de prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% para el stock de carbono en suelo ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), por horizonte de muestreo según sistema de uso de tierra.

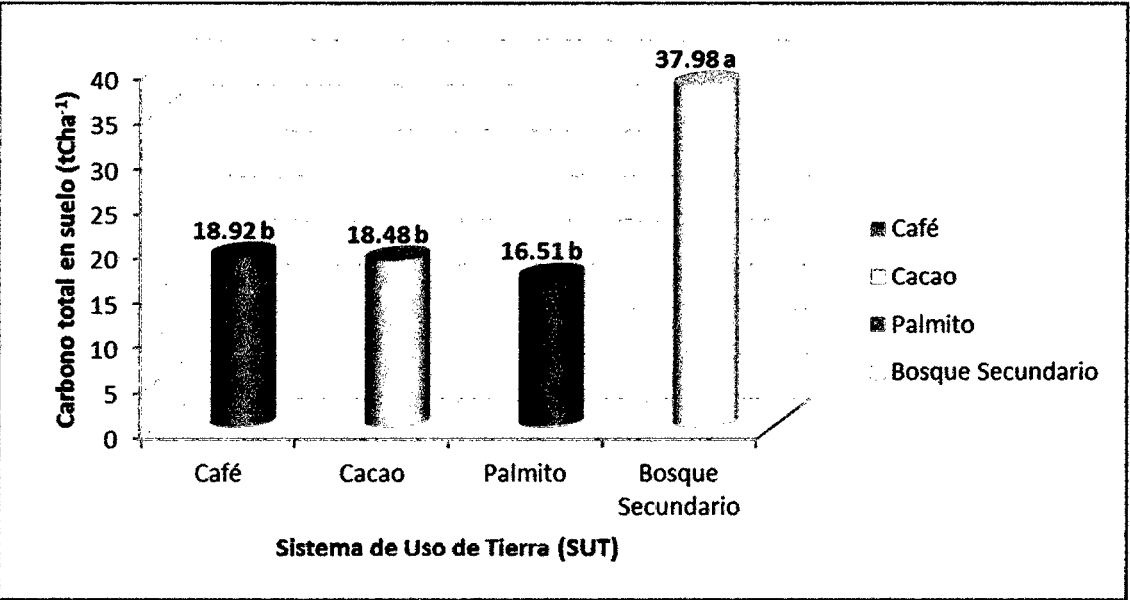


Gráfico 5: Análisis de prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% para el stock de carbono en suelo ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) según sistema de uso de tierra.

5.3 Estimación del stock de carbono en hojarasca ($t \cdot ha^{-1}$) en los sistemas de uso de tierra.

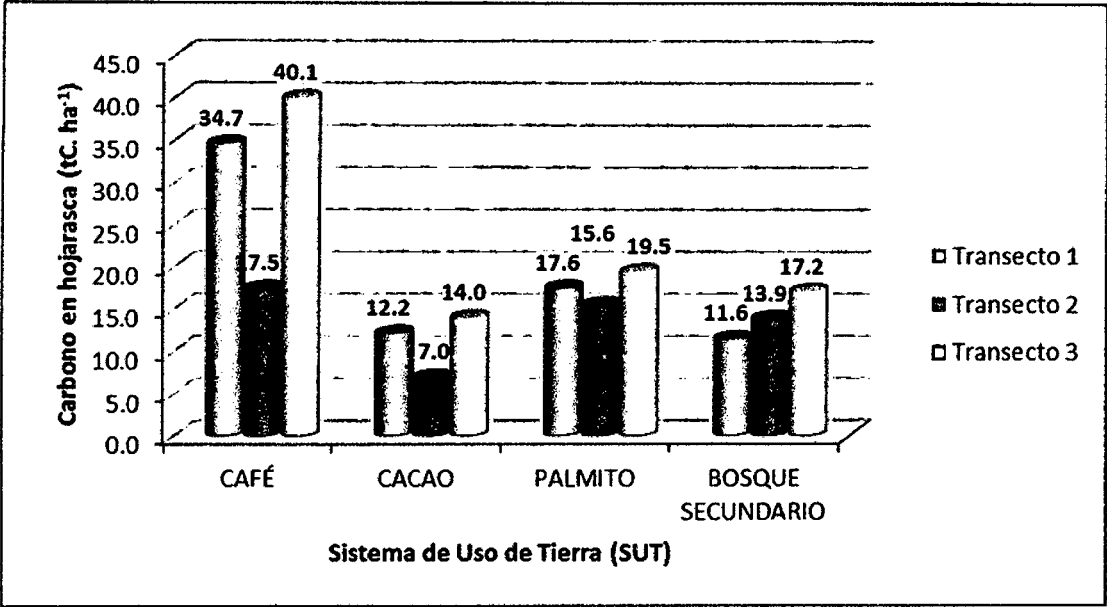


Gráfico 6: Análisis del stock de carbono en hojarasca ($t \cdot ha^{-1}$) según transecto de cada sistema de uso de tierra.

Cuadro 5: Análisis de Varianza del stock de carbono en hojarasca ($t \cdot ha^{-1}$) en los sistemas de uso de tierra.

Fuente	GL	SC	CM	F-Valor	Pr> F	Significancia
Transecto	2	171,562	85,781	3,280	0,109	ns
Hojarasca	3	674,302	224,767	8,595	0,0136	*
Error	6	156,905	26,151			
Total	11	1002,769				
R ² : 84,35%		C.V: 27,78%		Media: 18,41 t C ha ⁻¹		

Fuente: Elaboración Propia (2014)

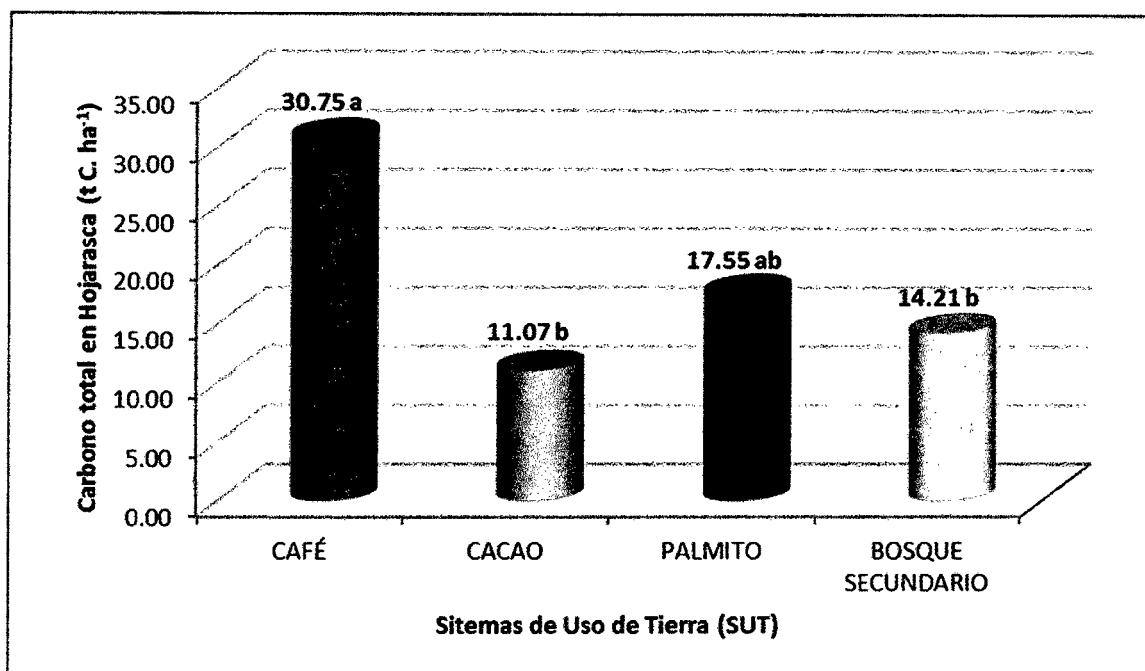


Gráfico 7: Prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% para el stock de carbono en hojarasca ($t\ ha^{-1}$) según sistema de uso de tierra.

5.4 Carbono almacenado en $t \cdot ha^{-1}$ a nivel de estratos (biomasa, hojarasca y suelo) en los sistemas de uso de tierra.

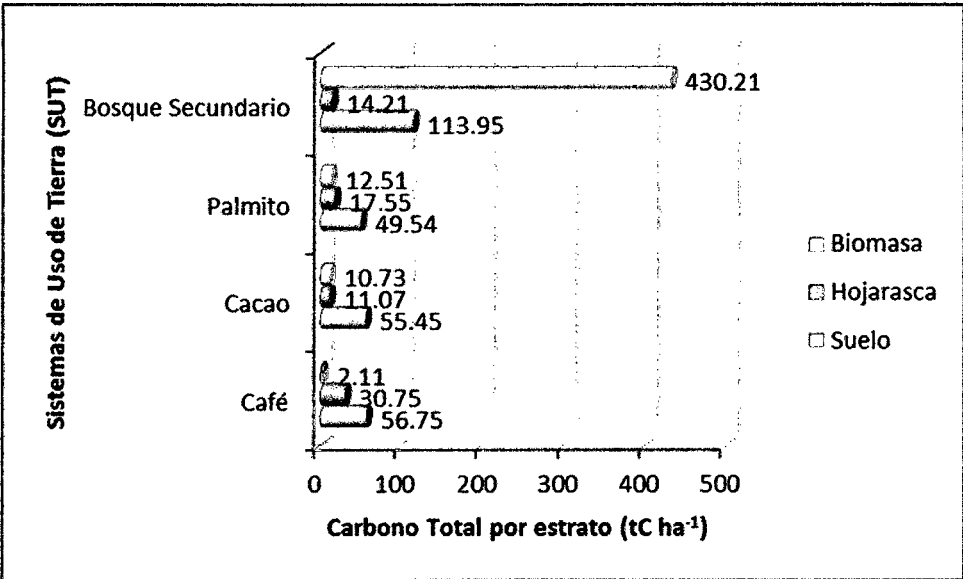


Gráfico 8: Stock de Carbono en $t \cdot ha^{-1}$ por estrato.

5.5 Estimación de stock de carbono total en $t \cdot ha^{-1}$ en los sistemas de uso de tierra estudiados.

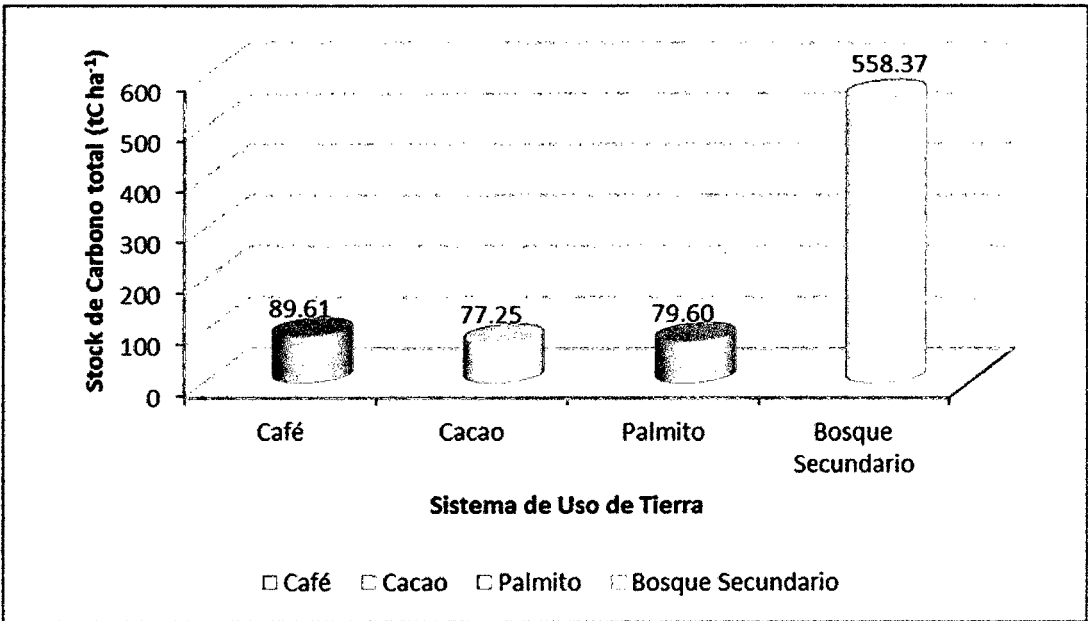


Gráfico 9: Stock de carbono total $t \cdot ha^{-1}$ por sistema de uso de tierra.

VI. DISCUSIONES

6.1 Estimación de stock de carbono en biomasa ($t \cdot ha^{-1}$) en los sistemas de uso de tierra.

En el gráfico 1, nos muestra que existe mayor toneladas de carbono por hectárea en los tres transectos del sistema de bosque secundario (Ojos de agua), con un total por transecto de 568,79; 484,94 y 236,91 $tC \cdot ha^{-1}$, en comparación con los demás sistemas estudiados.

Estos resultados según el análisis de varianza del cuadro 3 para este estrato nos afirma que existe diferencia altamente significativa para el contenido de carbono en la biomasa de los diferentes sistemas de uso de tierra, el análisis nos ha permitido tener una confiabilidad del 87,05%, el coeficiente de variación obtenido en este análisis fue de 75,76%, esto puede estar influenciado por los diferentes diámetros encontrados en el bosque secundario el cual posee plantas en diferentes edades y etapas de crecimiento, como se muestran en los datos del ANEXO 1.

Para estimar el sistema de uso de tierra con mayor captura de carbono por hectárea se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0,05, el cual nos muestra en el gráfico 2 la diferencias significativas entre sistemas que nos indica que en un bosque secundario se encuentra mayor stock de carbono con un promedio de 430,21 $tC \cdot ha^{-1}$, siendo estadísticamente superior a los demás sistemas de uso de tierra, como cafeto, cacao y palmito cuyos

promedios de Stock de carbono son 2,11; 10,73 y 12,51 tC.ha⁻¹, respetivamente.

Estos resultados superan a los encontrado por Mery y Kanninen (1998) y Macklaren (1996) en plantaciones de *Pinus* teniendo valores por debajo de lo encontrado en el bosque secundarios cuyo stock es de 251,82 tC.ha⁻¹., esto nos indica que mientras más diverso es un sistema tiende a ser un mayor reservorio de carbono, ya que existe plantas con mayores diversidades de diámetros y en diferentes estados de crecimiento. A diferencia de plantaciones de una sola especie que crecen en un solo tiempo.

Estos resultados también nos corrobora lo mencionado por Arce *et al* (1998), quien manifiesta que el crecimiento de los bosques, en este caso de la investigación de tipo secundario, puede ser entendido como un proceso de entradas y salida de materia, entendiéndose que la entrada es el crecimiento el cual se da por actividad vegetativa de formación de capas a partir de meristemos (Gimenez y Maglia, 1992), y salida que es la mortandad (Bahamondez *et al.*, (1998); Vanclay, (1995); Clutter *et al* (1983)). Así mismo el hecho de que los factores ambientales estén afectando la capacidad de carbono de los diferentes sistemas.

Los resultados obtenidos corroboran lo mencionado Panhwar (1996), debido a la menor superficie total foliar (índice foliar), los cultivos agrícolas consumen menos bióxido de carbono en comparación con los bosques. Por ello, la corta de bosques para transformarlos en cultivos agrícolas ocasiona la reducción en el almacén del bióxido de carbono.



6.2 Estimación del stock de carbono en suelo ($tC.ha^{-1}$) en los sistemas de uso de tierra.

En el gráfico 3 observamos el contenido de carbono en cada horizonte por transecto, encontrando que mayores contenidos de carbono en suelo existen en el horizonte 1 (0 a 10 cm), de todos los sistemas de uso de tierra. En cuanto al sistema de bosque secundario (Ojos de Agua-), se ha encontrado mayor cantidad de carbono por hectárea en los tres horizontes. Vemos en el gráfico el comportamiento del contenido de carbono el cual va decreciendo conforme se va profundizando en los horizontes del suelo de cada calicata realizada.

En el cuadro 4 del análisis de varianza, para el stock de carbono en suelo ($t.ha^{-1}$) nos indica que existe diferencia significativas entre los transectos, SUT y Horizonte, mas no para la interacción entre SUT con HS. Este resultado nos revela que el contenido de carbono es variado según el manejo dado. El grado de confiabilidad para estos resultados fue del 90,41% y su coeficiente de variabilidad de 20,37%, el cual indica que los datos tomados en cada horizonte variaron de acuerdo con cada sistema de uso de tierra.

Para identificar cuál de los sistemas y horizonte de suelo son los que almacenan mayor cantidad de carbono por hectárea se realizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0,05, encontrando que en el sistema de bosque secundario tiene mayor tonelada de carbono almacenado en sus tres horizontes siendo de $50,25 tC.ha^{-1}$ para el primer horizonte, $33,11 tC.ha^{-1}$ para

el segundo y $30,59 \text{ tC.ha}^{-1}$ para el tercero, superando significativamente a los demás sistemas de uso de tierra.

Al analizar el carbono total en el suelo por sistema de uso de tierra, en el bosque secundario se encuentra el mayor stock con $37,98 \text{ tC.ha}^{-1}$ como se muestra en el gráfico 5, superando a los demás sistemas de uso de tierra manejados con cultivos como café, cacao y palmito que son iguales estadísticamente.

Estos resultados corroboran lo mencionado por Ramos de Freitas (1998), quien manifiesta que en un bosque la fijación de carbono no se restringe solamente a las partes aéreas de los árboles, se pasa también a las raíces y al propio suelo, que puede almacenar cantidades importantes por periodos de tiempos muy largos. En otras palabras, a medida que se extraiga periódicamente madera del bosque, una cantidad significativa de carbono permanece absorbida en el suelo y en las raíces. Así se aprecia en los análisis de porcentaje de carbono en cada sistema (ANEXO 4), donde el bosque secundario obtuvo los mayores porcentajes de carbono orgánico en los 3 horizontes de suelo muestreados.

Esto corrobora lo mencionado por Stuar y Moura Costa, (2002); citado por Márquez, (2000), quienes afirman que el suelo almacena cantidades considerables de carbono, pero que las practicas que promueven un aumento del carbono orgánicos en el suelo también pueden tener un efecto positivo de fijación de carbono, en este caso las prácticas de cultivos monoespecies

perjudican el carbono en el suelo puesto que en los resultados apreciamos que tiene menor tC.ha^{-1} a diferencia que en el bosque secundario pudiendo ser también los factores ambientales de cada sistema existiendo una dependencia de este factor como lo menciona El IPCC (2000).

Esta misma fuente menciona que el carbono total en los bosques de Brasil es de 447 tC.ha^{-1} , considerándose el carbono en el suelo el 36% del total, que hace un aproximado 162 tC.ha^{-1} , siendo similares a lo encontrado en el bosque secundario (Ojos de agua) que es de $113,95 \text{ tC.ha}^{-1}$ que representa el 20,4% del total en bosque secundario que es de $558,37 \text{ tC.ha}^{-1}$, como se muestra en el gráfico 9.

Estos resultados son corroborados por el IPCC (2000), quien afirma que en suelos tropicales, caso del presente trabajo de investigación, existe un mínimo de carbono en el suelo en comparación con la biomasa, a diferencia de zonas templadas, por lo tanto se considera que la temperaturas registradas en el cuadro 2, de $22,4$ a $28,7$ °C, así como las precipitaciones $9,4$ a $67,6$ mm/mes propias de una zona tropical son importantes ya que son los responsable de que exista mayor producción y descomposición de la materia orgánica, como lo afirma la FAO (2002).

6.3 Estimación del stock de carbono en hojarasca (tC.ha^{-1}) en los sistemas de uso de tierra.

En cuanto al stock de carbono en hojarasca en el gráfico 6, los datos de la evaluaciones realizadas nos indican que en el sistema de uso de tierra del

cultivo de café, se presenta con mayores toneladas de carbono por hectárea en sus tres transectos siendo de 34,7; 17,5 y 40,1 tC.ha⁻¹, superando a los demás sistemas de usos de tierra.

Esta diferencia según el análisis de varianza es significativa para el estrato de hojarasca entre los 4 sistemas de uso de tierra en estudio. El grado de confiabilidad fue de 84,35% y el coeficiente de variación fue de 27,78%, este último puede estar influenciado a que la elección de la toma de muestra fue al azar no teniendo en cuenta la fisiografía del terreno.

Estos datos al ser sometidos a la prueba de rangos múltiples de tukey al 0,05, como nos muestra el gráfico 7, que en el sistema de uso de tierra de Cafeto existe mayor stock de carbono en hojarasca siendo el promedio de 30,75 tC.ha⁻¹, siendo estadísticamente significativo y superando a los demás sistema de uso de tierra, esto puede estar influenciado a que este cultivo se encontró a una altura de 928 msnm como se muestra en el cuadro 1.

La cantidad de carbono en hojarasca en los diferentes sistemas son similares con lo reportado por Lapeyre *et al.*, (2004), quien menciona que en estos sistemas se desarrollan especies diferentes, y tienen edades distintas, es necesario indicar que el nivel de hojarasca en el sistema de cafeto es de 3,98 t. ha⁻¹ y en el sistema de cacao es de 5,07 tm, y estos niveles fueron mayores a los sistemas de bosque secundario.

Otro de los factores que se considera importante que este influenciando en la cantidad de carbono en hojarasca en el sistema de cafeto es la zona ambiental en donde esta se desarrolla la cual fue en una altitud de 928 msnm, con 22,4 °C y una precipitación de 9,4 mm, como se muestra en el cuadro 1 y 2, corroborando lo mencionado por IPCC 2000 y FONAM, 2005, que en zonas templadas existe mayor cantidad de carbono, debido a una menor producción y descomposición de la materia orgánica (FAO,2002)

6.4. Carbono almacenado en tC.ha⁻¹, a nivel de estratos (hojarasca, suelo y biomasa viva).

En los gráficos 8 y 9, se muestra que los mayores aportes de biomasa viva y de suelo, son en el bosque secundario lo que determina que es el sistema con mayor stock de carbono en comparación con los demás sistemas, esto debido a sus características de diversidad de especies, diámetros y crecimientos. Entre los resultados obtenidos en el caso del sistema de Cafeto en condiciones de San Martín se reporta 89,61 tC.ha⁻¹, superando a lo encontrado por Márquez (2005) en condiciones del Salvador el cual reporta 64,35 tC.ha⁻¹

Los resultados encontrados en la investigación nos corrobora lo mencionado por Raev *et al.*, (1996); Leith y Whitacker, (1975), quienes mencionan que el 90% de la biomasa acumulada en la tierra se encuentra en los bosques en forma de fustes, ramas, hojas, raíces y materia orgánica. Esto también nos da a conocer que los bosques secundarios son importantes consumidores de dióxido de carbono por ser capaces de capturar CO₂ (Brow *et al.*, 1993; Kyrklund, 1990).

Esto deja a la luz que la agroforestería sería una alternativa para la captura de carbono en los sistemas de producción el cual corrobora lo mencionado por Bolín *et al.*, (1996), IPCC (2001), Loguercio (2005), FAO (2002), Sánchez *et al.*, (1999), Schroeder (1994) y Márquez (2000), que consideran que las actividades forestales como reforestación, sistemas agroforestales y la rehabilitación de los bosques harían una contribución sustancial a controlar los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera y de esta manera se tendría una máxima eficiencia en la fijación de CO₂, al realizar un ordenamiento basado en cosechar sustentablemente (Brow *et al.*, 1993; Tipper y De Hong, 1998).

VII. CONCLUSIONES

- 6.1. El sistema con mayor stock de carbono en biomasa aérea es el bosque secundario con $430,21 \text{ tC.ha}^{-1}$, por presentar diversidad y arboles con diferentes diámetros y estados de crecimiento.
- 6.2. En cuanto al almacenamiento de stock de carbono en el suelo, el sistema que presentó mayor cantidad es el bosque secundario con un almacenamiento de $113,95 \text{ tC.ha}^{-1}$ a una profundidad de 30 cm.
- 6.3. El sistema de uso de tierra con mayor almacenamiento de stock de carbono en hojarasca es el sistema de cafeto, con $30,75 \text{ tC.ha}^{-1}$, esto por las condiciones edafoclimáticas y de manejo.
- 6.4. Por lo tanto el sistema con mayor almacenamiento de carbono total es el bosque secundario, siendo sus mayores aportantes la biomasa viva con $430,21 \text{ tC.ha}^{-1}$ y el suelo $113,95 \text{ tC.ha}^{-1}$, con pequeñas aportes de hojarasca de $14,21 \text{ tC.ha}^{-1}$.

VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1** Realizar investigaciones comparativas en diferentes zonas de vida evaluando diferentes especies agrícolas y forestales que permitan elaborar propuestas apropiadas para el manejo de la agricultura y los bosques como medida para reducir las emisiones del GEI y poder incrementar la captura de carbono.
- 8.2** Continuar con estimaciones de stock, evaluando SUT de diferentes edades, para determinar la dinámica real de almacenamiento y secuestro de carbono en el tiempo.
- 8.3** El Ministerio del Ambiente debería poner en práctica el pago por servicios ambientales para aquellos productores que tengan establecidos diversos tipos de ecosistemas que a su vez secuestren y almacén carbono, como forma de incentivar a un desarrollo sostenible.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

1. Alatorre G. (1977). El Protocolo de Kyoto: un segundo primer paso en el camino hacia la protección del sistema climático planetario.
<http://www.laneta.apc.org/gea>.
2. Andrade, H. J. (2003). Growth and inter-specific interactions in young silvopastoral systems with native timber trees in the dry tropics of Costa Rica. Tesis PhD. Turrialba, Costa Rica. CATIE-University of Wales. 224 p.
3. Andrasko, K. (1990). El recalentamiento del globo terráqueo y los bosques: estado actual de los conocimientos. Unasylva 163 Vol 41 3-11.
4. Arce, J. E., C. R. Sanquetta, W. Pizatto y E. dos Santos Gomes. (1998). Evaluación y simulación precoces de crecimiento de rodales de Pinus taeda L. con procesos de difusión. Primer Congreso Latinoamericano IUFRO Valdivia Chile 1998.
5. Arévalo, L., Alegre J., Palm, CH. (2003). Manual de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Publicación de STC - CGIAR Ministerio de agricultura. Pucallpa, Perú. 24p.
6. Bahamondez, C.C. M., Martin, C. Khaler y R. Blanco. (1998). Modelos de simulación para renoales de robles (*Nothofagus obliqua* (Merlo) Oerst) y raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp et endl)). Primer Congreso Latinoamericano IUFRO Valdivia Chile 1998.

7. Balesdent, J., Chenu, C., Balabane, M. (2000). Relationship of Soil Organic Matter Dynamics to Physical Protection and Tillage. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 06 Dic. 2006).
8. Bidwell, R. G. (1979). Fisiología Vegetal. A. G. T. Editó, México. 784 pp.
9. Bolin, B., Doos, B., Jager J., Warrick, R. (1996). The Greenhouse effect, Climate Change and Ecosistemas. [En línea]: Biomeso, ([http://www.biomeso.net/bancoconocimiento/Cambio climático.asp](http://www.biomeso.net/bancoconocimiento/Cambio_climático.asp); 06 Dic. 2006).
10. Bolín, B. B. R., Dòòs, J. J., Warrick, R. A. (1986). The greewhouse effect climate change and ecosystems. Edic. John Wiley & Sons.
11. Boukhari, S. (2000). Bosques y Clima: Intereses en Juego. [En línea]: UNESCO, (http://www.unesco.org/courier/1999_12/sp/planete/txt1.htm; 29 Dic. 2006).
12. Brown S., Ch. Hall, W. Knabe, j. Raich, M. Trexler y P. Woomer (1993), Tropical firest their past, present and potential future role in: The Terrestrial Carbon Budget. Watter, Air and Soil Pollution 70: 71-94
13. Brand. D. (1998). Opportunities generated by Kyoto Protocol in the forest sector. Commonwealth Forestry Review 77(3): 164-469.
14. Brown, S. Y Lugo, A. (1992). Aboveground Biomass Estimates for Tropical Moists Forests of the Brazilian Amazon. Interciencia 17. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).
15. Catriona, P. (1998). Actualidad Forestal Tropical. Boletín de Manejo Forestal Producido por la Organización de Maderas Tropicales para Fomentar la Conservación y el Manejo Sostenible de los Recursos Forestales

tropicales en la región de América Latina y el Caribe (Japón). Volumen 6, Número 4. 31p.

16. Delaney, N. (2005). Medición de la Capacidad de Captura de Carbono en Bosques de Chile y Promoción en el Mercado Mundial de Carbono. [En línea]: FONDEF, (<http://www.fondef.cl/bases/fondef/proyecto.html>, 05 Ene. 2007)
17. De Moraes, J., Volkoff, B., Cerri, C., Bernoux, M. (1996). Soil Properties Under Amazon Forest and Changes due to Pasture Installation in Rondonia. Brasil. 81p.
18. Dupouey, J., Siguand, G., Bateau, V., Thimonier, A., Dhole, J.F., Nepveu, G. (1999). Stocks et Flux de Carbone Dans les Forêts Françaises. C.R. Acad. Agric. Francia. 310p.
19. Fahn, A. (1963). Dendrocronological studies in the Negev. Israel Exploitation Journal. Vol 13 (4).
20. Fondo Nacional Del Ambiente (FONAM). (2006). El cambio climático. [En línea]: FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/cambio.asp>, 29 Dic. 2007)
21. Fondo Nacional Del Ambiente (FONAM). (2005). Boletín C02comercio. Dedicado a Informar Sobre las Oportunidades del Mercado de Carbono. FONAM/CONAM/Embajada de los Países Bajos/. [En línea]: FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/mdl/documentos/guia%20MDL.pdf>, 27. 11. 2007).
22. Giménez, A. M, G., Moglia. (1992). Determinación de patrones de crecimiento de especies leñosas arbóreas de la Región Chaqueña Seca. Revista Yvyrareta. 46-60.

45. Moutinho, P., Santilli, M., Schwartzman, S., Nepstad, D., Curran, L. Y Nobre, C. (2005). Tropical Deforestation and Kyoto Protocol. [En línea]: MME, (www.mme.gov.br, 15 Ene. 2007).
46. Nabuurs, G.J., Mohren, G.M.J., (1993). Carbon fixation through forestation activities: a study of the carbon sequestering potential of selected forest types, commissioned by the Foundation Face. Institute for Forestry and Nature Research, Wageningen. IBN Research Report 93/4.
47. Nilsson, S. y Schopfhauser, W. (1995). The carbón secuestration potentiaion of a global afforestation program. Climate Change 30 267-239.
48. Ordoñez, A. (1998). Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: san Juan Nuevo. Michoacan. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. Mexico D.F.
49. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación (FAO). (2005). Proyectos forestales de fijación de carbono. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/006/j2053s/j2053s09.html>; 15 feb., 2007).
50. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2004). La deforestación del Amazonas es mucho peor de lo que se creía. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/newsroom/es/news/2005/index.html>; 25 Nov. 2006).
51. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2002). Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra. Dirección de Información VIALE DELLE TERME DI CARACALLA. Roma, Italia. 95p.

52. Panhwar, F. (1996). Conserving, Agro Forestry is the solution Of-Future Global –Warming and Biodiversity Sindh A Case.
53. Raev, I., Asan, U. Grozev, O. (1996). Acumulación de CO₂ en la parte aérea de la biomasa de los bosques de Turkía y Bulgaria en las últimas décadas. XII Congreso Mundial Forestal. Antalya Turkía 123-130.
54. Ramos de Freitas. (1998). Contribución de las industrias forestales al desarrollo económico y social de América Latina. Primer Congreso Latinoamericano IUFRO Valdivia Chile 1996.
55. Salgado L. (2004). El Mecanismo de Desarrollo Limpio en Actividades de Uso de la Tierra, Cambio de Uso y Forestería (LULUCF) y su Potencial en la Región Latinoamericana. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo. Santiago de Chile. 84p
56. Sanchez, P., Buresh, R., Leakey, B. (1999). Trees, soils and food Security. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).
57. SEMARNAP. (1998). Programa Nacional de Acción Climática. Documento para consulta pública.
58. Schimel, D., I. Enting, M. Heimann, T. Wigley, D. Raynaud, D. Alves, and U. Siegenthaler, (1995). CO₂ and the carbon cycle, in Climate Change 1994, Radiative Forcing of Climate Change and Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios, edited by J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B. A. Callander, E. Haites, N. Harris, and K. Maskell, Cambridge University Press, New York, 1995.

59. Schroeder, P. R. K. Dixon y J. K. Winjum. (1993). Ordenación forestal y agrosilvicultura para reducir el dióxido de carbono atmosférico. *Unysilva* 173 Vol 44 52-60.
60. Stamm. A. J. (1964). *Wood and cellulose Science*. The Ronal Press Company, N. Y. 549 p.
61. Steilin. H. (1984). The forest resources of the earth. *Plant Research and Development*. Vol. (20) 74.92.
62. Tipper, R. (1996). Hacia un Programa Nacional de Captura de Carbono y Desarrollo Agroforestal. Documento de Trabajo Versión 1-2.
63. Tipper, R., de Hong, B. (1998). Quantification and regulation of carbón offset from forestry: Comparison of alternative metodologies, with special inference to Chiapas, México. *Commonwealth Forestry Review* 77(3) 219-228.
64. Trumbmore, S.E., Davidson, E.A., P., Nepstad, D.D., Martinelli, L.A. (1995). Belowground cycling of carbon in forests and pastures of eastern Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles*: [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).
65. United Nations Framework Convention On Climate Change, Clean Development Mechanism (UNFCCC). (1998). El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Unidas sobre el Cambio Climático. Publicado por la Secretaría del Cambio Climático con el apoyo de la Oficina de Información sobre las Convenciones del PNUMA. [En línea]: UNFCCC, (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.; 15 Ene. 2007).

66. Vanclay, J. k. (1995). Growth models for tropical forests: A synthesis of models and methods. *For. Sci.* 41: 7-42.
67. Woomer, L., Palm, C, Qureshi, J., Kotto-Same, J. (1998). Carbon Sequestration and Organic Resource Management in African Smallholder Agriculture. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep.htm>; 29 Jul. 2006)

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “ESTIMACIÓN DE STOCK DE CARBONO EN CUATRO SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA (*Theobroma cacao*, *Coffea arabica* L, *Bactris gasipaes* Kunth y Bosque secundario) EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”, tuvo como objetivo Evaluar y Estudiar la capacidad de almacenamiento de carbono en cuatro sistemas de uso de tierra (cacao, cafeto, pijuayo y bosque secundario), ubicados en cuatro distritos de la región San Martín (Campanilla, Chirapa, Pongo de Caynarachi y Pucacaca). Para determinar el contenido de carbono se evaluaron tres componentes biomasa viva, hojarasca y carbono en suelo, para el análisis se utilizaron formulas alométricas establecidas para cada sistema, obteniendo como resultado que en el bosque secundarios (Ojos de Agua) ubicado en Pucacaca, se encuentra mayor stock de carbono total con $558,37 \text{ t ha}^{-1}$ superando altamente a los demás sistemas estudiados. Entre los componente evaluados en los cuatro sistemas, es la biomasa área la que aporta mayor cantidad de carbono almacenado, en el bosque secundario se tuvo como resultado un total de $430,21 \text{ tC.ha}^{-1}$ superando a los sistemas de pijuayo, cacao y cafeto que se encontró $12,51$; $10,73$; $2,11 \text{ tC.ha}^{-1}$ respectivamente. En el componente suelo el bosque secundario también supera a los demás sistemas obteniendo un total de carbono almacenado de $113,95 \text{ t.ha}^{-1}$, mientras que el sistema de Cafeto ubicado en Chirapa supero en stock de carbono en el componente de hojarasca con un total de $30,7 \text{ tC.ha}^{-1}$.

Estos resultados dan a conocer que los bosques secundarios son de suma importancia, por ser capaces de capturar CO_2

Palabras claves: Carbono, stock, formulas alométricas, capturar, CO_2 .

SUMMARY

The research paper entitled "ESTIMATED STOCK CARBON IN FOUR SYSTEMS LAND USE (*Theobroma cacao*, *Coffea arabica* L, *Bactris gasipaes* Kunth and secondary forest) IN THE REGION SAN MARTIN" aimed evaluate and study the capacity carbon storage in four land use systems (cocoa, coffee, peach palm and secondary forest) located in four districts in the San Martin region (Campanilla, Chirapa, Pongo Caynarachi and Pucacaca). To determine the carbon content of three living biomass , litter and soil carbon components were evaluated for analysis allometric formulas established for each system were used , resulting in the secondary forest (Ojos de Agua) is located in Pucacaca more total carbon stock with 558,37 t.ha⁻¹ highly outperforming all other systems studied. Among the components evaluated in the four systems, the biomass area which provides greater amount of carbon stored in the secondary forest resulted in a total of 430,21 tC. ha⁻¹ beating pijuayo systems , cocoa and coffee who returned 12,51; 10,73 ; 2,11 tC. ha⁻¹ respectively. In component ground secondary forest also outperforms other systems obtaining a total carbon stock of 113,95 t.ha⁻¹, while the system Cafeto located in Chirapa exceeded in stock carbon component leaves a total 30,7 tC. ha⁻¹.

These results disclose that secondary forests are very important for being able to capture CO₂

Keywords: Carbon, stock, Allometric formulas, capture, CO₂.

ANEXO 1: Estimación de biomasa de los sistema de uso de tierra.

Cuadro 6: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cafeto.

Transecto: 1

Planta	Altura de plantas (h) (m)	Diámetro (D) (cm)	Biomasa (kg.planta ⁻¹)	Carbono (kg.planta ⁻¹)	kg C ha ⁻¹
1	2,63	4,72	1,58	0,71	2090,54
2	2,47	3,14	0,80	0,36	1058,69
3	2,62	4,4	1,41	0,63	1866,92
4	2,57	5,56	2,02	0,91	2671,99
5	1,9	4,31	1,13	0,51	1499,71
6	2,63	5,14	1,81	0,81	2391,95
7	2,78	4,3	1,41	0,63	1863,29
8	3,03	6,28	2,69	1,21	3563,43
9	2,62	4,54	1,48	0,67	1961,63
10	2,2	5,61	1,87	0,84	2476,40
11	2,77	5,35	1,98	0,89	2625,99
12	2,72	4,23	1,35	0,61	1792,76
13	1,74	4,09	0,99	0,45	1311,89
14	2,63	5,85	2,22	1,00	2934,51
15	2,52	4,38	1,37	0,62	1812,16
16	2,37	4,62	1,44	0,65	1902,58
17	1,85	5,75	1,76	0,79	2328,57
18	2	4,24	1,14	0,51	1505,53
19	2,6	4,52	1,46	0,66	1939,36
20	1,73	6,54	2,07	0,93	2744,95
21	2,85	4,33	1,44	0,65	1911,24
22	2,68	5,62	2,10	0,95	2784,56
23	2,82	4,31	1,42	0,64	1885,70
24	2,72	4,79	1,65	0,74	2181,90
25	1,9	4,15	1,07	0,48	1412,69
26	2,48	3,64	1,01	0,46	1340,22
27	2,75	4,95	1,75	0,79	2312,83
28	2,56	3,22	0,85	0,38	1124,73
29	2,24	5,1	1,63	0,73	2152,58
30	1,95	4,56	1,26	0,57	1664,33
31	2,1	3,75	0,96	0,43	1275,59
Total	75,43	145,99	47,13	21,21	2012,56
promedio	2,43	4,71	1,52	0,68	

Cuadro 7: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cafeto.

Transecto: 2

Planta	Altura de plantas (h) (m)	Diámetro (D) (cm)	Biomasa (kg.planta ⁻¹)	Carbono (kg.planta ⁻¹)	kg C ha ⁻¹
1	2,35	3,98	1,13	0,51	1495,86
2	2,7	4,65	1,57	0,70	2073,11
3	2,24	4,97	1,56	0,70	2066,53
4	2,47	4,86	1,59	0,72	2111,08
5	2,6	4,77	1,59	0,72	2111,54
6	2,75	3,87	1,18	0,53	1567,66
7	2,94	3,86	1,23	0,55	1622,95
8	2,9	4,67	1,64	0,74	2175,54
9	2,68	3,87	1,17	0,52	1544,39
10	2,82	4,65	1,61	0,72	2126,06
11	2,48	4,75	1,54	0,69	2040,86
12	2,64	4,78	1,61	0,73	2137,38
13	2,65	4,57	1,51	0,68	1995,29
14	2,75	3,65	1,08	0,49	1429,19
15	2,55	5,89	2,20	0,99	2913,60
16	2,63	5,14	1,81	0,81	2391,95
17	2,78	4,3	1,41	0,63	1863,29
18	3,03	6,28	2,69	1,21	3563,43
19	2,77	5,35	1,98	0,89	2625,99
20	2,72	4,23	1,35	0,61	1792,76
21	1,85	5,75	1,76	0,79	2328,57
22	2,85	4,33	1,44	0,65	1911,24
23	2,48	3,64	1,01	0,46	1340,22
24	1,95	4,56	1,26	0,57	1664,33
25	1,61	5,45	1,49	0,67	1973,88
26	2,63	5,14	1,81	0,81	2391,95
27	1,95	5,43	1,66	0,75	2193,10
28	1,9	4,71	1,30	0,59	1725,46
29	1,82	4,64	1,24	0,56	1643,60
30	2,79	3,65	1,09	0,49	1441,21
31	2,74	4,37	1,43	0,64	1895,44
32	1,94	4,75	1,34	0,60	1769,93
Total	79,96	149,51	48,29	21,73	1997,73
promedio	2,50	4,67	1,51	0,68	

Cuadro 8: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cafeto.

Transecto: 3

Planta	Altura de plantas (h) (m)	Diámetro (D) (cm)	Biomasa (kg.planta ⁻¹)	Carbono (Kg.planta ⁻¹)	kg C ha ⁻¹
1	1,61	5,45	1,49	0,67	1973,88
2	2,63	5,14	1,81	0,81	2391,95
3	2,77	5,35	1,98	0,89	2625,99
4	2,26	5,69	1,94	0,87	2572,26
5	1,95	5,43	1,66	0,75	2193,10
6	2,55	5,89	2,20	0,99	2913,60
7	2,83	5,22	1,93	0,87	2557,47
8	1,83	5,09	1,44	0,65	1908,49
9	2,54	5,76	2,12	0,95	2806,25
10	2,58	5,03	1,73	0,78	2285,98
11	2,66	4,07	1,26	0,57	1665,12
12	1,9	4,71	1,30	0,59	1725,46
13	1,82	4,64	1,24	0,56	1643,60
14	2,24	4,85	1,50	0,68	1988,25
15	2,87	4,63	1,61	0,73	2133,26
16	2,9	3,57	1,07	0,48	1423,19
17	3,12	4,63	1,69	0,76	2239,15
18	2,6	3,64	1,04	0,47	1377,46
19	1,8	4,53	1,19	0,53	1572,35
20	2,57	4,45	1,42	0,64	1879,43
21	2,84	4,37	1,46	0,66	1935,27
22	3,05	3,85	1,25	0,56	1651,11
23	2,79	3,65	1,09	0,49	1441,21
24	2,64	4,58	1,51	0,68	1997,80
25	2,73	4,15	1,32	0,59	1743,19
26	2,63	4,33	1,38	0,62	1824,23
27	2,74	4,37	1,43	0,64	1895,44
28	1,94	4,75	1,34	0,60	1769,93
29	2,53	4,68	1,52	0,69	2016,76
30	2,77	4,65	1,59	0,72	2104,11
Total	74,69	141,15	45,51	20,48	2008,51
promedio	2,49	4,71	1,52	0,68	

Cuadro 9: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cacao.

Transecto: 1

Planta	Promedios de Diámetros (cm)	kg.árbol ⁻¹	kg C.árbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
1	10,55	13,75	6,19	10316,36
2	9,29	11,49	5,17	8617,53
3	10,63	13,90	6,26	10427,67
4	9,24	11,39	5,13	8545,17
5	11,10	14,79	6,66	11095,81
6	10,50	13,67	6,15	10253,90
7	11,35	15,27	6,87	11452,34
8	16,20	25,30	11,39	18980,67
9	11,90	16,33	7,35	12248,33
10	14,04	20,64	9,29	15482,53
11	10,42	13,52	6,08	10143,14
12	10,70	14,03	6,31	10525,36
13	11,36	15,28	6,87	11459,51
14	7,45	8,39	3,77	6292,86
15	11,85	16,23	7,30	12175,32
16	7,75	8,87	3,99	6655,96
Total	174,29	232,85	104,78	10917,03
Promedio	10,893125	14,55	6,55	

Cuadro 10: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cacao.

Transecto 2

Planta	Promedio de diámetros (cm)	Kg.arbol ⁻¹	kg C.arbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
1	10,71	14,06	6,33	10546,33
2	14,16	20,90	9,41	15678,70
3	13,85	20,24	9,11	15185,75
4	7,46	8,40	3,78	6304,87
5	9,24	11,39	5,13	8545,17
6	11,10	14,79	6,66	11095,81
7	10,50	13,67	6,15	10253,90
8	11,35	15,27	6,87	11452,34
9	16,20	25,30	11,39	18980,67
10	11,90	16,33	7,35	12248,33

Planta	Promedio de diámetros (cm)	Kg.arbol ⁻¹	kg C.arbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
11	14,04	20,64	9,29	15482,53
12	11,04	14,68	6,61	11010,74
13	13,12	18,76	8,44	14069,10
14	10,75	14,12	6,36	10595,30
Total	165,40	228,55	102,85	12246,40
Promedio	11,81	16,33	7,35	

Cuadro 11: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de cacao.

Transecto: 3

Planta	Promedio de diámetros (cm)	kg.arbol ⁻¹	kg C.arbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
1	10,44	13,55	6,10	10163,88
2	10,42	13,51	6,08	10136,23
3	10,24	13,19	5,94	9895,24
4	14,89	22,45	10,10	16838,79
5	13,77	20,08	9,03	15061,30
6	11,04	14,68	6,61	11010,74
7	13,12	18,76	8,44	14069,10
8	10,75	14,12	6,36	10595,30
9	15,82	24,46	11,01	18351,58
10	10,34	13,37	6,01	10025,85
11	11,61	15,77	7,09	11826,66
12	15,50	23,76	10,69	17826,71
13	9,65	12,12	5,46	9095,55
14	10,00	12,75	5,74	9560,75
15	7,98	9,26	4,17	6944,55
16	9,51	11,88	5,34	8908,75
Total	185,05	253,70	114,16	11894,44
Promedio	11,57	15,86	7,14	

Cuadro 12: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de palmito.

Transecto: 1

Planta	Diámetro (D) (cm)	Área basal (cm ²)	Biomasa (Kg M.seca.árbol ⁻¹)	kg C. árbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
1	10,57	87,75	4,90	2,21	22053,24
2	9,74	74,51	4,21	1,89	18947,36
3	2,83	6,29	1,43	0,64	6412,66
4	10,68	89,58	5,02	2,26	22567,58
5	8,23	53,20	3,42	1,54	15402,29
6	3,38	8,97	1,60	0,72	7194,67
7	10,86	92,63	5,22	2,35	23473,40
8	5,64	24,98	2,43	1,09	10943,01
9	2,36	4,37	1,29	0,58	5821,87
10	10,09	79,96	4,47	2,01	20109,54
11	6,79	36,21	2,87	1,29	12895,86
12	2,76	5,98	1,40	0,63	6319,74
13	10,46	85,93	4,79	2,16	21566,47
14	9,56	71,78	4,09	1,84	18416,67
15	1,82	2,60	1,17	0,53	5250,03
16	10,25	82,52	4,60	2,07	20707,59
17	9,84	76,05	4,28	1,93	19260,73
18	3,12	7,65	1,51	0,68	6814,15
19	10,46	85,93	4,79	2,16	21566,47
20	5,23	21,48	2,28	1,02	10238,85
21	4,93	19,09	2,16	0,97	9724,21
22	10,32	83,65	4,66	2,10	20984,12
23	9,83	75,89	4,27	1,92	19228,76
24	2,79	6,11	1,41	0,64	6359,36
25	10,12	80,44	4,49	2,02	20218,22
26	8,12	51,78	3,38	1,52	15197,47
27	2,28	4,08	1,27	0,57	5729,52
28	10,37	84,46	4,71	2,12	21187,51
29	8,19	52,68	3,41	1,53	15327,35
30	1,92	2,90	1,19	0,53	5346,49
31	10,11	80,28	4,48	2,02	20181,82
32	8,66	58,90	3,61	1,62	16249,27
33	3,05	7,31	1,49	0,67	6714,90
34	10,23	82,19	4,58	2,06	20630,30
35	7,55	44,77	3,15	1,42	14185,19

Planta	Diámetro (D) (cm)	Área basal (cm ²)	Biomasa (Kg M.seca.árbol ⁻¹)	kg C. árbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
36	2,21	3,84	1,26	0,57	5650,81
37	10,14	80,75	4,51	2,03	20291,53
38	5,13	20,67	2,24	1,01	10067,10
39	4,90	18,86	2,15	0,97	9672,89
40	10,39	84,79	4,73	2,13	21270,27
41	5,90	27,34	2,53	1,14	11388,03
42	3,17	7,89	1,53	0,69	6885,91
43	10,36	84,30	4,70	2,11	21146,43
44	9,24	67,06	3,90	1,76	17565,07
45	4,72	17,50	2,08	0,94	9365,83
46	11,16	97,82	5,60	2,52	25180,58
47	8,10	51,53	3,37	1,52	15160,65
48	3,04	7,26	1,49	0,67	6700,84
49	10,86	92,63	5,22	2,35	23473,40
50	8,51	56,88	3,54	1,59	15944,17
51	3,19	7,99	1,54	0,69	6914,80
52	10,45	85,77	4,78	2,15	21523,52
53	6,68	35,05	2,82	1,27	12710,51
54	2,70	5,73	1,39	0,62	6241,41
55	10,46	85,93	4,79	2,16	21566,47
56	7,50	44,18	3,13	1,41	14099,11
57	4,12	13,33	1,86	0,84	8360,85
58	11,23	99,05	5,69	2,56	25618,07
59	7,31	41,97	3,06	1,38	13774,38
60	4,38	15,07	1,95	0,88	8791,86
61	10,24	82,36	4,59	2,07	20668,85
62	9,02	63,90	3,79	1,70	17036,41
63	3,08	7,45	1,50	0,68	6757,26
64	11,01	95,21	5,40	2,43	24294,28
65	9,45	70,14	4,02	1,81	18111,61
66	4,31	14,59	1,93	0,87	8675,02
67	10,46	85,93	4,79	2,16	21566,47
68	8,24	53,33	3,43	1,54	15421,11
69	3,62	10,29	1,68	0,76	7560,88
70	10,76	90,93	5,10	2,30	22959,98
71	6,06	28,84	2,59	1,17	11660,88
72	4,28	14,39	1,92	0,86	8625,12
73	10,35	84,13	4,69	2,11	21105,55
74	8,54	57,28	3,56	1,60	16004,27

Planta	Diámetro (D) (cm)	Área basal (cm ²)	Biomasa (Kg M.seca.árbol ⁻¹)	kg C. árbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
75	3,14	7,74	1,52	0,68	6842,77
76	10,46	85,93	4,79	2,16	21566,47
77	8,12	51,78	3,38	1,52	15197,47
78	2,10	3,46	1,23	0,55	5531,18
79	10,03	79,01	4,42	1,99	19896,74
80	9,95	77,76	4,36	1,96	19622,15
81	4,80	18,10	2,11	0,95	9502,09
82	10,6	88,25	4,93	2,22	22190,70
83	6,67	34,94	2,82	1,27	12693,66
84	2,88	6,51	1,44	0,65	6480,01
85	7,36	42,54	3,08	1,39	13859,52
86	1,54	1,86	1,11	0,50	5004,30
87	7,35	42,43	3,08	1,38	13842,48
88	3,15	7,79	1,52	0,69	6857,12
89	6,32	31,37	2,69	1,21	12102,42
90	2,48	4,83	1,33	0,60	5965,06
91	7,92	49,27	3,30	1,48	14834,24
92	1,92	2,90	1,19	0,53	5346,49
93	8,32	54,37	3,46	1,56	15573,00
94	2,40	4,52	1,30	0,59	5868,99
95	5,80	26,42	2,49	1,12	11217,09
96	1,09	0,93	1,04	0,47	4688,87
97	8,90	62,21	3,73	1,68	16764,33
98	3,58	10,07	1,67	0,75	7498,94
99	7,72	46,81	3,22	1,45	14480,42
100	2,83	6,29	1,43	0,64	6412,66
101	6,25	30,68	2,66	1,20	11983,77
102	1,70	2,27	1,14	0,51	5140,25
103	5,43	23,16	2,35	1,06	10582,51
104	1,69	2,24	1,14	0,51	5131,40
TOTAL	700,91	4551,29	316,83	142,57	13708,81
PROMEDIO	6,74	43,76	3,05	1,37	

Cuadro 13: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de palmito.

Transecto: 2

Planta	Diámetro (D) (cm)	Área basal (cm ²)	Biomasa (Kg M.seca.árbol ⁻¹)	kg C. árbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
1	5,47	23,50	2,37	1,07	10651,22
2	3,38	8,97	1,60	0,72	7194,67
3	5,11	20,51	2,23	1,00	10032,76
4	3,88	11,82	1,77	0,80	7971,38
5	6,35	31,67	2,70	1,22	12153,23
6	2,85	6,38	1,43	0,64	6439,50
7	5,32	22,23	2,31	1,04	10393,49
8	2,85	6,38	1,43	0,64	6439,50
9	8,75	60,13	3,65	1,64	16438,23
10	4,92	19,01	2,16	0,97	9707,10
11	6,41	32,27	2,72	1,23	12254,76
12	4,65	16,98	2,05	0,92	9246,92
13	5,21	21,32	2,27	1,02	10204,49
14	3,01	7,12	1,48	0,67	6658,84
15	7,12	39,82	2,99	1,35	13452,33
16	2,89	6,56	1,44	0,65	6493,58
17	5,79	26,33	2,49	1,12	11199,98
18	3,14	7,74	1,52	0,68	6842,77
19	6,15	29,71	2,63	1,18	11813,98
20	4,62	16,76	2,04	0,92	9196,06
21	5,91	27,43	2,53	1,14	11405,11
22	3,54	9,84	1,65	0,74	7437,35
23	5,54	24,11	2,39	1,08	10771,42
24	1,14	1,02	1,05	0,47	4718,89
25	9,14	65,61	3,85	1,73	17319,65
26	1,25	1,23	1,06	0,48	4789,43
27	9,75	74,66	4,22	1,90	18978,08
28	2,85	6,38	1,43	0,64	6439,50
29	9,54	71,48	4,08	1,84	18360,17
30	3,14	7,74	1,52	0,68	6842,77
31	8,62	5,36	3,59	1,62	16166,76
32	2,54	5,07	1,34	0,60	6038,69
33	7,26	41,40	3,04	1,37	13689,42
34	4,28	14,39	1,92	0,86	8625,12
35	9,65	73,14	4,15	1,87	18676,89

Planta	Diámetro (D) (cm)	Área basal (cm ²)	Biomasa (Kg M.seca.árbol ⁻¹)	kg C. árbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
36	2,59	5,27	1,36	0,61	6101,06
37	6,36	31,77	2,70	1,22	12170,16
38	4,51	15,98	2,00	0,90	9010,17
39	5,24	21,57	2,28	1,03	10256,03
40	4,95	19,24	2,17	0,98	9758,45
41	5,47	23,50	2,37	1,07	10651,22
42	4,82	1,25	2,12	0,95	9536,22
43	6,54	33,59	2,77	1,25	12474,39
44	4,47	15,69	1,99	0,89	8942,82
45	5,68	25,34	2,45	1,10	11011,59
46	1,24	1,21	1,06	0,48	4782,76
47	8,95	62,91	3,75	1,69	16876,41
48	0,80	0,50	1,01	0,45	4540,37
49	5,46	23,41	2,36	1,06	10634,04
50	2,87	6,47	1,44	0,65	6466,48
51	6,72	35,47	2,84	1,28	12777,92
52	2,57	5,19	1,35	0,61	6076,00
53	5,34	22,40	2,32	1,04	10427,86
54	3,46	9,40	1,63	0,73	7315,25
55	6,59	34,11	2,79	1,26	12558,76
56	0,84	0,55	1,01	0,46	4558,22
57	9,54	71,48	4,08	1,84	18360,17
58	0,69	0,37	1,00	0,45	4495,66
59	7,94	49,51	3,30	1,49	14870,10
60	4,32	14,66	1,93	0,87	8691,68
61	8,46	56,21	3,52	1,58	15844,95
62	4,12	13,33	1,86	0,84	8360,85
63	7,46	43,71	3,12	1,40	14030,45
64	2,62	5,39	1,36	0,61	6138,91
65	6,45	32,67	2,74	1,23	12322,38
66	4,35	14,86	1,94	0,87	8741,72
67	6,32	31,37	2,69	1,21	12102,42
68	2,48	4,83	1,33	0,60	5965,06
69	5,93	27,62	2,54	1,14	11439,26
70	4,32	14,66	1,93	0,87	8691,68
71	7,49	44,06	3,13	1,41	14081,93
72	0,64	0,32	0,99	0,45	4477,48
73	8,46	56,21	3,52	1,58	15844,95
74	4,32	14,66	1,93	0,87	8691,68

Planta	Diámetro (D) (cm)	Área basal (cm ²)	Biomasa (Kg M.seca.árbol ⁻¹)	kg C. árbol ¹	kg C ha ⁻¹
75	6,21	30,29	2,65	1,19	11915,90
76	4,17	13,66	1,88	0,84	8443,08
77	9,57	71,93	4,10	1,84	18445,10
78	4,92	19,01	2,16	0,97	9707,10
79	5,49	23,67	2,37	1,07	10685,57
80	4,13	13,40	1,86	0,84	8377,27
81	5,91	27,43	2,53	1,14	11405,11
82	1,23	1,19	1,06	0,48	4776,15
83	5,27	21,81	2,29	1,03	10307,57
84	0,87	0,59	1,02	0,46	4572,17
85	9,65	73,14	4,15	1,87	18676,89
86	1,84	2,66	1,17	0,53	5268,96
87	8,39	55,29	3,49	1,57	15707,95
88	1,18	1,09	1,05	0,47	4743,83
89	5,69	25,43	2,45	1,10	11028,73
90	4,94	19,17	2,16	0,97	9741,33
91	8,57	57,68	3,57	1,61	16064,82
92	2,94	6,79	1,46	0,66	6561,89
93	7,62	45,60	3,18	1,43	14306,24
94	4,35	14,86	1,94	0,87	8741,72
95	8,24	53,33	3,43	1,54	15421,11
96	4,12	13,33	1,86	0,84	8360,85
97	9,92	77,29	4,34	1,95	19521,78
98	0,84	0,55	1,01	0,46	4558,22
99	8,81	60,96	3,68	1,66	16566,92
100	0,45	0,16	0,98	0,44	4420,72
101	6,29	31,07	2,68	1,21	12051,59
102	0,65	0,33	1,00	0,45	4481,01
103	6,27	30,88	2,67	1,20	12017,69
104	4,53	16,12	2,01	0,90	9043,89
105	5,84	26,79	2,51	1,13	11285,50
TOTAL	532,30	2640,32	240,52	108,23	10307,89
PROMEDIO	5,07	25,15	2,29	1,03	

Cuadro 14: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de palmito.

Transecto: 3

Planta	Diámetro (D) (cm)	Área basal (cm ²)	Biomasa (Kg M.seca.árbol ⁻¹)	kg C.arbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
1	4,59	16,55	2,03	0,91	9145,26
2	6,43	32,47	2,73	1,23	12288,57
3	1,94	2,96	1,19	0,54	5366,32
4	7,29	41,74	3,05	1,37	13740,38
5	2,45	4,71	1,32	0,59	5928,75
6	5,11	20,51	2,23	1,00	10032,76
7	4,23	14,05	1,90	0,85	8542,18
8	5,79	26,33	2,49	1,12	11199,98
9	0,94	0,69	1,02	0,46	4606,56
10	5,64	24,98	2,43	1,09	10943,01
11	1,34	1,41	1,08	0,49	4851,67
12	7,84	48,28	3,26	1,47	14691,73
13	2,17	3,70	1,25	0,56	5606,73
14	9,54	71,48	4,08	1,84	18360,17
15	4,61	16,69	2,04	0,92	9179,12
16	6,12	29,42	2,61	1,18	11762,98
17	3,47	9,46	1,63	0,73	7330,43
18	9,45	70,14	4,02	1,81	18111,61
19	3,14	7,74	1,52	0,68	6842,77
20	1,94	2,96	1,19	0,54	5366,32
21	6,15	29,71	2,63	1,18	11813,98
22	9,82	75,74	4,27	1,92	19196,93
23	4,62	16,76	2,04	0,92	9196,06
24	3,46	9,40	1,63	0,73	7315,25
25	5,91	27,43	2,53	1,14	11405,11
26	9,56	71,78	4,09	1,84	18416,67
27	3,54	9,84	1,65	0,74	7437,35
28	4,95	19,24	2,17	0,98	9758,45
29	5,54	24,11	2,39	1,08	10771,42
30	5,21	21,32	2,27	1,02	10204,49
31	1,14	1,02	1,05	0,47	4718,89
32	2,74	5,90	1,40	0,63	6293,49
33	9,14	65,61	3,85	1,73	17319,65
34	7,18	40,49	3,01	1,36	13553,82
35	1,25	1,23	1,06	0,48	4789,43
36	2,17	3,70	1,25	0,56	5606,73

Planta	Diámetro (D) (cm)	Área basal (cm ²)	Biomasa (Kg M.seca.árbol ⁻¹)	kg C.árbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
37	9,75	74,66	4,22	1,90	18978,08
38	9,14	65,61	3,85	1,73	17319,65
39	2,85	6,38	1,43	0,64	6439,50
40	4,57	16,40	2,02	0,91	9111,44
41	9,54	71,48	4,08	1,84	18360,17
42	9,98	78,23	4,38	1,97	19723,93
43	3,14	7,74	1,52	0,68	6842,77
44	1,23	1,19	1,06	0,48	4776,15
45	8,62	58,36	3,59	1,62	16166,76
46	6,48	32,98	2,75	1,24	12373,07
47	2,54	5,07	1,34	0,60	6038,69
48	2,21	3,84	1,26	0,57	5650,81
49	7,26	41,40	3,04	1,37	13689,42
50	8,46	56,21	3,52	1,58	15844,95
51	4,28	14,39	1,92	0,86	8625,12
52	1,61	2,04	1,12	0,51	5062,29
53	9,65	73,14	4,15	1,87	18676,89
54	9,27	67,49	3,92	1,76	17640,47
55	2,59	5,27	1,36	0,61	6101,06
56	1,37	1,47	1,08	0,49	4873,32
57	6,36	31,77	2,70	1,22	12170,16
58	6,21	30,29	2,65	1,19	11915,90
59	5,13	20,67	2,24	1,01	10067,10
60	4,51	15,98	2,00	0,90	9010,17
61	0,84	0,55	1,01	0,46	4558,22
62	4,90	18,86	2,15	0,97	9672,89
63	5,24	21,57	2,28	1,03	10256,03
64	5,24	21,57	2,28	1,03	10256,03
65	10,39	84,79	4,73	2,13	21270,27
66	4,95	19,24	2,17	0,98	9758,45
67	4,87	18,63	2,14	0,96	9621,60
68	5,90	27,34	2,53	1,14	11388,03
69	5,47	23,50	2,37	1,07	10651,22
70	6,21	30,29	2,65	1,19	11915,90
71	3,17	7,89	1,53	0,69	6885,91
72	4,82	18,25	2,12	0,95	9536,22
73	0,67	0,35	1,00	0,45	4488,23
74	10,36	84,30	4,70	2,11	21146,43
75	7,54	44,65	3,15	1,42	14167,95
76	9,24	67,06	3,90	1,76	17565,07

Planta	Diámetro (D) (cm)	Área basal (cm ²)	Biomasa (Kg M.seca.árbol ⁻¹)	kg C.árbol ⁻¹	kg C ha ⁻¹
77	6,91	37,50	2,91	1,31	13098,02
78	4,72	17,50	2,08	0,94	9365,83
79	8,87	61,79	3,71	1,67	16697,92
80	11,16	97,82	5,60	2,52	25180,58
81	9,45	70,14	4,02	1,81	18111,61
82	8,10	51,53	3,37	1,52	15160,65
83	7,56	44,89	3,16	1,42	14202,44
84	3,04	7,26	1,49	0,67	6700,84
85	8,54	57,28	3,56	1,60	16004,27
86	10,86	92,63	5,22	2,35	23473,40
87	8,47	56,35	3,53	1,59	15864,71
88	8,51	56,88	3,54	1,59	15944,17
89	3,19	7,99	1,54	0,69	6914,80
90	10,45	85,77	4,78	2,15	21523,52
91	6,68	35,05	2,82	1,27	12710,51
92	2,70	5,73	1,39	0,62	6241,41
93	10,46	85,93	4,79	2,16	21566,47
94	7,50	44,18	3,13	1,41	14099,11
95	4,12	13,33	1,86	0,84	8360,85
96	11,23	99,05	5,69	2,56	25618,07
97	7,31	41,97	3,06	1,38	13774,38
98	4,38	15,07	1,95	0,88	8791,86
99	10,24	82,36	4,59	2,07	20668,85
100	9,02	63,90	3,79	1,70	17036,41
101	3,08	7,45	1,50	0,68	6757,26
102	11,01	95,21	5,40	2,43	24294,28
103	9,45	70,14	4,02	1,81	18111,61
104	4,31	14,59	1,93	0,87	8675,02
TOTAL	614,29	3559,67	276,72	124,52	11973,46
PROMEDIO	5,91	34,23	2,66	1,20	

Cuadro 15: Cálculo de carbono en biomasa del bosque secundario.

Transecto: 1

Planta	Diámetro (D) (cm)	Biomasa seca (kg.árbol ¹)	kg C. árbol ¹
1	19,83	226,79	102,05
2	4,87	6,50	2,92
3	16,71	147,08	66,19
4	3,85	3,59	1,61
5	25,50	428,30	192,74
6	1,78	0,51	0,23
7	27,85	535,60	241,02
8	0,70	0,05	0,02
9	20,24	238,95	107,53
10	0,65	0,04	0,02
11	28,65	575,17	258,83
12	1,47	0,31	0,14
13	21,71	285,13	128,31
14	0,80	0,07	0,03
15	25,05	409,62	184,33
16	1,40	0,28	0,12
17	21,96	293,66	132,15
18	1,38	0,27	0,12
19	29,60	624,92	281,21
20	1,14	0,16	0,07
21	21,96	293,66	132,15
22	1,29	0,23	0,10
23	19,77	224,95	101,23
24	1,21	0,19	0,09
25	23,81	360,19	162,09
26	1,40	0,28	0,12
27	29,28	608,06	273,63
TOTAL	353,87	5264,56	2369,05
PROMEDIO	13,11	194,98	87,74

Cuadro 16: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de bosque secundario.

Transecto: 2

Planta	Diámetro (D) (cm)	Biomasa seca (kg.arbol⁻¹)	kg C.arbol⁻¹
1	1,41	0,28	0,13
2	19,48	216,79	97,56
3	1,70	0,45	0,20
4	29,92	642,06	288,93
5	0,93	0,10	0,04
6	27,69	527,89	237,55
7	1,39	0,27	0,12
8	26,42	468,63	210,88
9	1,18	0,18	0,08
10	18,97	202,74	91,23
11	1,31	0,23	0,11
12	22,66	317,93	143,07
13	1,86	0,57	0,26
14	29,28	608,06	273,63
15	1,86	0,57	0,26
16	19,77	224,95	101,23
17	1,51	0,34	0,15
18	28,97	591,48	266,16
19	0,43	0,01	0,01
20	20,50	246,63	110,98
21	0,55	0,03	0,01
22	24,10	371,26	167,07
23	5,92	10,65	4,79
24	20,91	259,42	116,74
25	46,47	1956,03	880,21
26	57,93	3416,20	1537,29
27	25,15	413,58	186,11
28	22,12	299,08	134,59
TOTAL	460,40	10776,41	4849,39
PROMEDIO	16,44	384,87	173,19

Cuadro 17: Cálculo de carbono en biomasa de sistema de bosque secundario.

Transecto: 3

Planta	Diámetro (D) (cm)	Biomasa seca (kg.árbol⁻¹)	kg C.árbol⁻¹
1	19,48	216,79	97,56
2	28,81	583,29	262,48
3	18,91	201,02	90,46
4	29,92	642,06	288,93
5	20,91	259,42	116,74
6	17,28	160,18	72,08
7	19,64	221,30	99,59
8	46,47	1956,03	880,21
9	31,51	732,01	329,41
10	1,18	0,18	0,08
11	1,31	0,23	0,11
12	1,51	0,34	0,15
13	57,93	3416,20	1537,29
14	46,79	1990,10	895,55
15	0,43	0,01	0,01
16	28,65	575,17	258,83
17	1,47	0,31	0,14
18	21,71	285,13	128,31
19	0,80	0,07	0,03
20	25,05	409,62	184,33
21	26,42	468,63	210,88
22	1,18	0,18	0,08
23	18,97	202,74	91,23
24	1,31	0,23	0,11
25	22,66	317,93	143,07
26	1,86	0,57	0,26
TOTAL	492,18	12639,76	5687,89
PROMEDIO	18,93	486,14	218,77

ANEXO 2: Carbono en el suelo en los diferentes sistemas de uso de tierra.

Cuadro 18: Cálculos de carbono en suelo en sistema de cafeto.

MUESTRA DE SUELO						%C	Densidad	Volumen/ horizonte	Carbono en suelo (tCha ⁻¹)
Transecto	Horizonte	Peso del sobre g	Peso inicial (g)	Peso final (gramos)	Peso del suelo (PS- PF)				
1	H1	3,60	164,35	128,87	125,27	1,64	1,33	1332,35	21,85
	H2	3,77	169,36	133,47	129,71	1,2	1,38	1379,60	16,56
	H3	3,77	167,29	132,05	128,28	1,24	1,36	1364,39	16,92
2	H1	3,90	135,10	112,19	108,29	2,4	1,15	1151,76	27,64
	H2	3,30	158,18	129,58	126,29	1,44	1,34	1343,19	19,34
	H3	3,40	164,67	134,52	131,12	1,12	1,39	1394,55	15,62
3	H1	3,77	145,28	123,74	119,96	1,56	1,28	1275,95	19,90
	H2	3,72	159,26	129,90	126,18	1,2	1,34	1342,03	16,10
	H3	3,38	163,13	131,44	128,06	1,2	1,36	1362,10	16,35

Volumen (cm3)	94,02
--------------------------	-------

Cuadro 19: Cálculos de carbono en suelo en sistema de cacao.

MUESTRA DE SUELO						%C	Densidad	Volumen/ horizonte	Carbono en suelo (tCha ⁻¹)
Transecto	Horizonte	Peso del sobre g	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Peso del suelo (PS- PF)				
1	H1	3,52	149,56	130,05	126,53	2,08	1,35	1345,78	27,99
	H2	3,46	169,80	144,88	141,42	1,28	1,50	1504,12	19,25
	H3	3,60	195,17	172,17	168,57	0,4	1,79	1792,96	7,17
2	H1	3,90	161,98	137,22	133,32	2,88	1,42	1417,99	40,84
	H2	3,44	182,58	163,88	160,43	0,52	1,71	1706,38	8,87
	H3	3,66	179,14	159,91	156,25	0,64	1,66	1661,91	10,64
3	H1	3,61	180,92	155,26	151,65	1,4	1,61	1612,96	22,58
	H2	3,61	175,29	153,71	150,10	1	1,60	1596,52	15,97
	H3	3,81	181,89	156,92	153,11	0,8	1,63	1628,44	13,03
Volumen (cm3)									
94,02									

Cuadro 20: Cálculos de carbono en suelo en sistema de palmito.

MUESTRA DE SUELO					Peso del suelo (PS-PF)	%C	Densidad	Volumen/ horizonte	Carbono en suelo (tCha ⁻¹)
Transecto	Horizonte	Peso del sobre (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)					
1	H1	3,43	173,14	138,46	135,03	1,4	1,44	1436,21	20,11
	H2	3,37	173,88	136,91	133,54	1,2	1,42	1420,39	17,04
	H3	3,57	172,37	138,40	134,83	0,6	1,43	1434,02	13,77
2	H1	3,67	129,89	104,17	100,50	1,48	1,07	1068,96	15,82
	H2	3,33	151,63	120,20	116,88	1,16	1,24	1243,14	14,42
	H3	3,43	150,64	121,44	118,01	1,04	1,26	1255,18	13,05
3	H1	3,69	161,77	128,87	125,18	1,84	1,33	1331,41	24,50
	H2	3,71	166,62	130,33	126,62	1,16	1,35	1346,75	15,62
	H3	3,59	166,75	132,76	129,18	1,04	1,37	1373,93	14,29

	Volumen (cm3)
	94,02

Cuadro 21: Cálculos de carbono en suelo en el Bosque Secundario.

MUESTRA DE SUELO					Peso del suelo (PS- PF)	%C	Densidad	Volumen/ horizonte	Carbono en suelo (tCha ⁻¹)
Transecto	Horizonte	Peso del sobre (g)	Peso inicial (g)	Peso final (g)					
1	H1	3,37	70,51	60,44	57,07	8	0,61	606,99	48,56
	H2	3,56	116,76	101,67	98,11	3,44	1,04	1043,51	35,90
	H3	3,42	128,00	112,78	109,36	2,44	1,16	1163,15	28,38
2	H1	3,47	130,22	115,55	112,08	3,4	1,19	1192,13	40,53
	H2	3,61	152,65	134,16	130,55	1,84	1,39	1388,54	25,55
	H3	3,43	159,44	141,70	138,26	1,6	1,47	1470,59	23,53
3	H1	3,27	94,23	81,18	77,91	7,44	0,83	828,67	61,65
	H2	3,64	164,49	144,96	141,32	2,52	1,50	1503,04	37,88
	H3	3,74	200,17	177,20	173,46	2,16	1,84	1844,98	39,85

Volumen (cm3)
94,02

ANEXO 3: Cálculo de carbono en hojarasca en los cuatro sistemas de uso de tierra.

Cuadro 22: Cálculo de carbono en hojarasca del sistema de cafeto.

<u>MUESTRA DE HOJARASCA</u>				
Transecto	PESO TOTAL g	PESO INICIAL g	PESO FINAL (g)	tCha ⁻¹
1	1,05	200	165	34,7
2	0,50	200	175	17,5
3	0,38	200	154	11,7

Cuadro 23: Cálculo de carbono en hojarasca del sistema de cacao.

<u>MUESTRA DE HOJARASCA</u>				
Transecto	PESO TOTAL g	PESO INICIAL g	PESO FINAL (g)	tCha ⁻¹
1	0,33	200	188	12,2
2	1,03	200	150	30,8
3	0,20	200	175	7,0

Cuadro 24: Cálculo de carbono en hojarasca en sistema de palmito.

<u>MUESTRA DE HOJARASCA</u>				
Transecto	PESO TOTAL g	PESO INICIAL g	PESO FINAL (g)	tCha ⁻¹
1	0,65	200	135	17,6
2	0,65	200	120	15,6
3	0,98	200	100	19,5

Cuadro 25: Cálculo de carbono en hojarasca del Bosque Secundario.

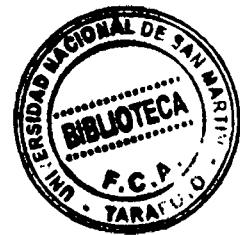
<u>MUESTRA DE HOJARASCA</u>				
Transecto	PESO TOTAL g	PESO INICIAL g	PESO FINAL (g)	tCha ⁻¹
1	0,35	200	165	11,6
2	0,41	200	170	13,9
3	0,49	200	175	17,2

ANEXO 4: Análisis del porcentaje de carbono en los cuatro sistemas de uso evaluados, por horizonte de muestreo.

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN/ TARAPOTO
 REFERENCIA : H.R. 38020
 FACTURA : Pendiente
 FECHA : 30/11/2012

Lab	Número Muestra Claves	C %
5246	Muestra 1-B. Secund., Horizonte 1	8.00
5247	Muestra 1-B. Secund., Horizonte 2	3.44
5248	Muestra 1-B. Secund., Horizonte 3	2.44
5249	Muestra 2-B. Secund., Horizonte 1	3.40
5250	Muestra 2-B. Secund., Horizonte 2	1.84
5251	Muestra 2-B. Secund., Horizonte 3	1.60
5252	Muestra 3-B. Secund., Horizonte 1	7.44
5253	Muestra 3-B. Secund., Horizonte 2	2.52
5254	Muestra 3-B. Secund., Horizonte 3	2.16
5255	Muestra 1- Palmito, Horizonte 1	1.40
5256	Muestra 1- Palmito, Horizonte 2	1.20
5257	Muestra 1- Palmito, Horizonte 3	0.96
5258	Muestra 2- Palmito, Horizonte 1	1.48
5259	Muestra 2- Palmito, Horizonte 2	1.16
5260	Muestra 2- Palmito, Horizonte 3	1.04
5261	Muestra 3- Palmito, Horizonte 1	1.84
5262	Muestra 3- Palmito, Horizonte 2	1.16
5263	Muestra 3- Palmito, Horizonte 3	1.04
5264	Muestra 1- Café, Horizonte 1	1.64
5265	Muestra 1- Café, Horizonte 2	1.20
5266	Muestra 1- Café, Horizonte 3	1.24
5267	Muestra 2- Café, Horizonte 1	2.40
5268	Muestra 2- Café, Horizonte 2	1.44
5269	Muestra 2- Café, Horizonte 3	1.12
5270	Muestra 3- Café, Horizonte 1	1.56
5271	Muestra 3- Café, Horizonte 2	1.20
5272	Muestra 3- Café, Horizonte 3	1.20
5273	Muestra 1- Cacao, Horizonte 1	2.08
5274	Muestra 1- Cacao, Horizonte 2	1.28
5275	Muestra 1- Cacao, Horizonte 3	0.40
5276	Muestra 2- Cacao, Horizonte 1	2.88
5277	Muestra 2- Cacao, Horizonte 2	0.52
5278	Muestra 2- Cacao, Horizonte 3	0.64
5279	Muestra 3- Cacao, Horizonte 1	1.40
5280	Muestra 3- Cacao, Horizonte 2	1.00
5281	Muestra 3- Cacao, Horizonte 3	0.80



Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio